

**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**CENTRO INTERNACIONAL DE POSTGRADO**

# **MASTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

## **IMPLEMENTACIÓN DE ACCESORIO PARA COLOCACIÓN DE CARTELES PUBLICITARIOS PARA PLATAFORMA DE ACCESO A POSTES (“KOALABOT”)**

**Julio 2013**

**Rafael I. Suárez Vázquez**

**Juan Díaz González**

**José M. Sierra Velasco**



## **AGRADECIMIENTOS**

Ya que este proyecto es la continuación del trabajo de otros compañeros debo empezar agradeciéndoles por el esfuerzo que le dedicaron para poder tener una base de la cual partir y diferentes alternativas para poder desarrollar mis diseños.

En segundo lugar agradecer a mis tutores el D. José Manuel Sierra y el D. Juan Díaz por todo el apoyo y asistencia que me dieron los últimos seis meses, a todos los profesores del máster por equiparme con las herramientas necesarias para poder completar este proyecto. Además a los técnicos del taller fabricación de la Universidad ya que sin su ayuda habría sido imposible la fabricación de algunos de los elementos del prototipo.

Finalmente a mis familiares y amigos cercanos por haberme apoyado durante los años que duró el máster de mecatrónica.

## **RESUMEN**

En este trabajo de fin de máster (TFM) se presenta el diseño mecánico y electrónico del accesorio para colocar carteles publicitarios para la plataforma de acceso a postes conocida como “Koalabot”.

El Koalabot es el resultado de un anterior trabajo de fin de máster presentado en 2010, donde el objetivo fue crear una plataforma genérica que permitiese realizar diferentes tareas en las zonas altas de los postes, donde una persona tendría utilizar medios más complejos para alcanzar. Originalmente, esta plataforma fue diseñada para diversos propósitos como la vigilancia, colocación de carteles o dispositivos de captación de datos o el mantenimiento de los mismos postes.

Como resultado final de este proyecto se consiguió un prototipo funcional equipado con un sistema de cámara *Pan&Tilt*, capaz de subir por los postes y realizar tareas de vigilancia controlándolo con un mando a distancia. Este prototipo fue premiado con diversos premios y se decidió patentarlo con el propósito de diseñar nuevos accesorios para poder darle más utilidades y ser comercializado.

Este TFM da continuidad al proyecto, consiste en realizar un diseño funcional y competente para la colocación de carteles en los postes y de esta forma volver al Koalabot en un dispositivo capaz de desplazar el sistema actual, ya que representaría una reducción muy importante de los costos de instalación y una mejora significativa en la seguridad laboral.

## **PALABRAS CLAVE**

Koalabot - PIC - Carteles - Poste - Motor - Microcontrolador



## ÍNDICE GENERAL

<b>1.</b>	<b>ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....</b>	<b>1</b>
1.1.	ANTECEDENTES .....	1
1.1.1.	<i>Sistemas contemporáneos .....</i>	<i>1</i>
1.1.2.	<i>Plataforma de acceso a postes (Koalabot).....</i>	<i>1</i>
1.1.3.	<i>Diseño de prototipo de manipulador para robot escalador de postes .....</i>	<i>2</i>
1.1.4.	<i>Sistemas de carteles para postes actuales.....</i>	<i>2</i>
1.2.	OBJETIVOS.....	3
1.2.1.	<i>Objetivos de carácter mecánico.....</i>	<i>3</i>
1.2.2.	<i>Objetivos de carácter electrónico .....</i>	<i>3</i>
<b>2.</b>	<b>ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....</b>	<b>5</b>
2.1.	ALTERNATIVAS.....	5
2.1.1.	<i>Banderola con cuñas.....</i>	<i>5</i>
2.1.2.	<i>Banderola con bisagra y seguro .....</i>	<i>7</i>
2.1.3.	<i>Banderola con levas.....</i>	<i>8</i>
2.1.4.	<i>Sistema para banderolas convencionales .....</i>	<i>9</i>
2.2.	DESARROLLO DE ALTERNATIVAS.....	9
2.2.1.	<i>Banderola con levas.....</i>	<i>9</i>
2.2.2.	<i>Sistema para banderolas convencionales .....</i>	<i>11</i>
2.2.3.	<i>Elección de alternativa.....</i>	<i>13</i>
<b>3.</b>	<b>ESPECIFICACIONES DE DISEÑO .....</b>	<b>15</b>
3.1.	ESPECIFICACIONES MECÁNICAS .....	15
3.2.	ESPECIFICACIONES ELECTRÓNICAS .....	15
3.3.	ESPECIFICACIONES DE SOFTWARE.....	16
<b>4.</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA.....</b>	<b>17</b>
4.1.	DISEÑO MECÁNICO .....	17
4.1.1.	<i>Sistema de sujeción de banderolas.....</i>	<i>17</i>
4.1.2.	<i>Sistema de sujeción de tornillos.....</i>	<i>19</i>
4.1.3.	<i>Sistema de posicionamiento manual .....</i>	<i>21</i>
4.1.4.	<i>Sistema de posicionamiento giratorio .....</i>	<i>22</i>
4.1.5.	<i>Sistema de elevación del Koalabot.....</i>	<i>27</i>
4.1.6.	<i>Ensamble final.....</i>	<i>27</i>
4.2.	DISEÑO ELECTRÓNICO .....	28
4.2.1.	<i>Tarjeta madre.....</i>	<i>29</i>
4.2.2.	<i>Control remoto.....</i>	<i>32</i>
4.3.	DISEÑO DE SOFTWARE .....	35
4.3.1.	<i>Desarrollo de los programas .....</i>	<i>36</i>
<b>5.</b>	<b>ANEXO I: PLANOS Y DIAGRAMAS.....</b>	<b>41</b>
5.1.	PLANOS MECÁNICOS .....	41
5.2.	DIAGRAMAS ELECTRÓNICOS .....	43
5.2.1.	<i>Esquemas eléctricos .....</i>	<i>44</i>
5.2.2.	<i>Planos de PCB .....</i>	<i>44</i>
5.3.	PROGRAMA DE SOFTWARE .....	44
<b>6.</b>	<b>ANEXO II: ELEMENTOS COMERCILES.....</b>	<b>45</b>
6.1.	ELEMENTOS MECÁNICOS .....	45

6.2.	ELEMENTOS ELECTRÓNICOS .....	45
<b>7.</b>	<b>ANEXO III: ENSAMBLAJE .....</b>	<b>48</b>
7.1.	ENSAMBLES DE PRIMER NIVEL .....	48
7.1.1.	<i>Ensamble carro</i> .....	48
7.1.2.	<i>Ensamble eje polea</i> .....	49
7.1.3.	<i>Ensamble eje polea</i> .....	50
7.1.4.	<i>Ensamble guía</i> .....	51
7.1.5.	<i>Sistema carro Y</i> .....	52
7.1.6.	<i>Soporte motor mecanismo de movimiento</i> .....	53
7.1.7.	<i>Sistema de sujeción</i> .....	54
7.1.8.	<i>Sistema sujeción de tornillos</i> .....	55
7.2.	ENSAMBLES DE SEGUNDO NIVEL.....	57
7.2.1.	<i>mecanismo de movimiento</i> .....	57
7.3.	ENSAMBLES DE TERCER NIVEL.....	58
7.3.1.	<i>Sistema de movimiento circular</i> .....	58
7.4.	ENSAMBLES COMPLETO .....	59
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>62</b>
9.1.	FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO .....	62
9.2.	DISEÑO DE SOPORTE PARA KOALABOT .....	62
9.3.	DISEÑO ACCESORIO PARA PINTAR POSTES.....	63
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>65</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1-1: Grúa con plataforma aérea</i> .....	1
<i>Figura 1-2: Koalabot</i> .....	2
<i>Figura 1-3: Diseño planteada por Fernando Pérez</i> .....	2
<i>Figura 1-4: Banderola</i> .....	3
<i>Figura 2-5: Banderola con cuñas</i> .....	5
<i>Figura 2-6: Alternativa de cuñas sencillas</i> .....	6
<i>Figura 2-7: Corte Alternativa cuñas sencillas</i> .....	6
<i>Figura 2-8: Banderola con bisagra y seguro</i> .....	7
<i>Figura 2-9: Friends</i> .....	8
<i>Figura 2-10: Banderola con levas</i> .....	8
<i>Figura 2-11: Banderola de abrazadera</i> .....	9
<i>Figura 2-12: Alternativa banderola con levas versión 2</i> .....	10
<i>Figura 2-13: Mecanismo de tijera</i> .....	10
<i>Figura 2-14: Sistema de banderola con leva</i> .....	11
<i>Figura 2-15: Embrague con retorno autoblocante</i> .....	12
<i>Figura 2-16: Aplicación sistema de embrague</i> .....	12
<i>Figura 2-17: Sistema de guías para alternativa de embrague</i> .....	13
<i>Figura 4-18: Soporte y guiado de banderola</i> .....	18
<i>Figura 4-19: Sistema de sujeción de banderola</i> .....	18
<i>Figura 4-20: Embrague diseñado y embrague comercial</i> .....	19
<i>Figura 4-21: Llave alineada con tornillo</i> .....	19
<i>Figura 4-22: Sistema de guiado lineal</i> .....	20
<i>Figura 4-23: Sistema de sujeción de tornillos</i> .....	21
<i>Figura 4-24: Carro Y</i> .....	21
<i>Figura 4-25: Sistema de posicionamiento manual</i> .....	22
<i>Figura 4-26: Guía lineal curva comercial</i> .....	23
<i>Figura 4-27: Guías lineales circulares de perfiles doblados</i> .....	23
<i>Figura 4-28: Guía plana</i> .....	24
<i>Figura 4-29: Sistema de corona para giro</i> .....	24
<i>Figura 4-30: Mecanismo de movimiento</i> .....	25
<i>Figura 4-31: Sistema de movimiento circular</i> .....	25
<i>Figura 4-32: Diagrama tren de engranajes</i> .....	26
<i>Figura 4-33: Motor DOGA 319</i> .....	27
<i>Figura 4-34: Ensamble completo</i> .....	28
<i>Figura 4-35: Interacción tarjetas electrónicas</i> .....	29
<i>Figura 4-36: Esquema tarjeta madre</i> .....	29
<i>Figura 4-37: PIC1939</i> .....	30
<i>Figura 4-38: Puente H</i> .....	30
<i>Figura 4-39: Tarjeta madre</i> .....	31
<i>Figura 4-40: Control de abordó</i> .....	31
<i>Figura 4-41: Final de carrera</i> .....	32
<i>Figura 4-42: Apc220</i> .....	32
<i>Figura 4-43: Esquema tarjeta control remoto</i> .....	33
<i>Figura 4-44: PIC16F876a</i> .....	33
<i>Figura 4-45: Pulsador y LED</i> .....	34
<i>Figura 4-46: RF-Magic</i> .....	34
<i>Figura 4-47: Regulador de tensión 7805</i> .....	35
<i>Figura 4-48: Control remoto</i> .....	35
<i>Figura 4-49: Proceso de programación</i> .....	36
<i>Figura 4-50: Señal PWM</i> .....	37
<i>Figura 4-51: Conexión PIC-Módulo de radio</i> .....	38
<i>Figura 4-52: Half-Duplex Full-Duplex</i> .....	38
<i>Figura 4-53: Diagrama PIC maestro/PIC esclavo</i> .....	39
<i>Figura 5-54: Norma DIN ISO 2768</i> .....	41
<i>Figura 7-63: Ensamble carro</i> .....	48
<i>Figura 7-64: Ensamble eje polea</i> .....	49
<i>Figura 7-65: Ensamble eje sistema giratorio</i> .....	50
<i>Figura 7-66: Ensamble guía</i> .....	51



<i>Figura 77-67: Sistema carro Y .....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 7-68: Soporte motor mecanismo de movimiento .....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 7-69: Sistema de sujeción .....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 7-70: Sistema sujeción de tornillos .....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 7-71: Mecanismo de movimiento .....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 7-72: Sistema de movimiento circular .....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 7-73: Ensamble completo .....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 9-74: Soporte para Koalabot .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 9-75: Sistema para pintar postes .....</i>	<i>63</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 3-1: Especificaciones mecánicas</i> .....	15
<i>Tabla 3-2: Especificaciones electrónicas</i> .....	16
<i>Tabla 3-3: Especificaciones de software</i> .....	16
<i>Tabla 4-4: Actuadores eléctricos</i> .....	28
<i>Tabla 4-5: Ejemplo tabla de comunicación</i> .....	39
<i>Tabla 5-6: Índice planos mecánicos</i> .....	43
<i>Tabla 5-7: Esquemas eléctricos</i> .....	44
<i>Tabla 5-8: Planos de PCB</i> .....	44
<i>Tabla 6-9: Elementos comerciales mecánicos</i> .....	45
<i>Tabla 6-10: Elementos comerciales electrónicos (Precios ROnline)</i> .....	47
<i>Tabla 7-11: Ensamble carro</i> .....	49
<i>Tabla 7-12: Ensamble eje polea</i> .....	49
<i>Tabla 7-13: Ensamble eje sistema giratorio</i> .....	50
<i>Tabla 7-14: Ensamble guía</i> .....	51
<i>Tabla 7-15: Sistema carro Y</i> .....	52
<i>Tabla 7-16: Soporte motor mecanismo de movimiento</i> .....	53
<i>Tabla 7-17: Sistema de sujeción</i> .....	54
<i>Tabla 7-18: Sistema sujeción de tornillos</i> .....	56
<i>Tabla 7-19: Mecanismo de movimiento</i> .....	57
<i>Tabla 7-20: Sistema de movimiento circular</i> .....	58
<i>Tabla 7-21: Ensamble completo</i> .....	59

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 4-1</i> .....	20
<i>Ecuación 4-2</i> .....	20
<i>Ecuación 4-3</i> .....	26
<i>Ecuación 4-4</i> .....	26
<i>Ecuación 4-5</i> .....	26
<i>Ecuación 4-6</i> .....	26

## **1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS**

El trabajo se compone del diseño del accesorio que permite al Koalabot, colocar carteles publicitarios. Con la intención reducir el costo, riesgo, tiempo, etc. que significa la tarea de instalar los carteles en alturas superiores a los tres metros.

El primer paso para dar una solución a este proyecto es investigar las diferentes formas y técnicas convencionales y estudiar diseños de dispositivos similares. Para poder plantear los objetivos que deben cumplirse en orden de tener un diseño satisfactorio.

### ***1.1. Antecedentes***

#### ***1.1.1. SISTEMAS CONTEMPORÁNEOS***

Hoy en día el sistema más común para colocar los carteles publicitarios en los postes es mediante el uso de una grúa con plataforma aérea, con las cuales los operarios pueden acercarse al punto de instalación de forma cómoda y segura. El inconveniente de estas grúas es que ocupan un gran espacio en las cercanías de los postes lo cual podría suponer el bloqueo del tránsito de vehículos o peatones. Además de los altos costos que las rodean, como por ejemplo: Renta, mantenimiento, transporte, contratación de técnicos capacitados, combustible, entre otros.



**Figura 1-1: Grúa con plataforma aérea**

#### ***1.1.2. PLATAFORMA DE ACCESO A POSTES (KOALABOT)***

La plataforma de acceso a postes, mejor conocida como Koalabot, fue el proyecto de fin de máster presentado por alumno D. Francisco Álvarez en 2010. Gracias al cual se puede contar con un prototipo físico, el que se usará como base para diseñar el accesorio de colocar carteles. En este proyecto ya se contemplaba el uso del Koalabot para colocar carteles, pero debido a que se intentó diseñarlo con un carácter de uso general, es posible que deba de ser modificado.



Figura 1-2: Koalabot

### **1.1.3. DISEÑO DE PROTOTIPO DE MANIPULADOR PARA ROBOT ESCALADOR DE POSTES**

En 2012 el alumno D. Fernando Pérez presentó como proyecto de fin de carrera, un diseño mecánico para modificar el Koalabot y que éste lograra colocar carteles publicitarios en los postes. En este proyecto se valoraron muchas alternativas de formas de sujeción de los carteles, además de una solución para una de estas alternativas y el diseño de los componentes que se deberían acoplar al Koalabot.

Inspeccionando el diseño detalladamente se puede llegar a la conclusión que no es el diseño óptimo y que se puede mejorar en diferentes aspectos tanto mecánicamente como electrónicamente. Además, debido a que es un proyecto de la carrera de ingeniería mecánica, no existe ningún diseño específico de la electrónica necesaria para el control de los diferentes componentes.

A pesar de estos inconvenientes el documento es de gran utilidad para analizar y valorar diferentes soluciones.

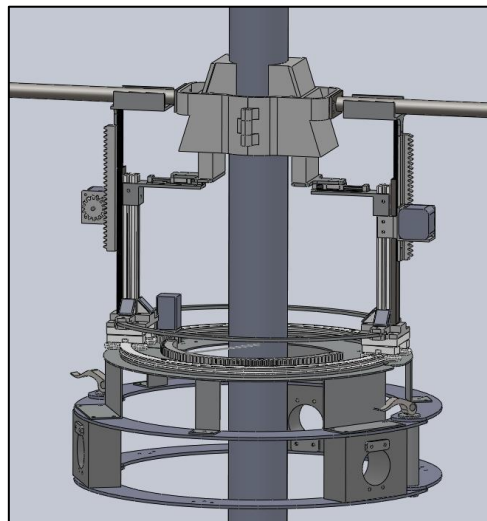


Figura 1-3: Diseño planteada por Fernando Pérez

### **1.1.4. SISTEMAS DE CARTELES PARA POSTES ACTUALES**

Hoy en día existe una gran variedad de dispositivos para sujetar carteles u otros elementos de los postes. Entre estos se pueden observar soportes de tubos de fibra de vidrio que se sujetan al poste mediante bridas metálicas que no pueden ser reutilizadas. Otro sistema que se utiliza comúnmente es el uso de anillos metálicos que se atornillan al poste y que posteriormente se le

sujetan unas barras de las cuales se cuelgan los carteles. Pero la opción más utilizada, por su sencillez, reutilización y porque no dañan los postes, son las banderolas atornilladas en forma de abrazadera, las cuales están formadas por dos barras de acero que con un doblez en forma de muesca que se atornillan una a otra para formar una abrazadera que aprieta el poste.



Figura 1-4: Banderola

## **1.2. Objetivos**

El prototipo debe cumplir con una lista de objetivos de propósito general:

- El accesorio debe ser compatible con el diseño existente del Koalabot.
- Debe tener un tamaño y peso adecuado para que pueda ser manipulado por un solo operario.
- El operario no debe ser altamente cualificado para poder utilizar el Koalabot.
- El Koalabot debe ser capaz de instalar y quitar los carteles.
- El sistema debe ser comercialmente competente en los aspectos de costos de operación y seguridad laboral.

### **1.2.1. OBJETIVOS DE CARÁCTER MECÁNICO**

Diseño y fabricación de un prototipo mecánico que cumpla los siguientes objetivos mecánicos:

- La sujeción y cierre debe ser rápida y sencilla.
- El Koalabot debe ser capaz de subir el cartel hasta la altura deseada y colocar el cartel en la dirección correcta.
- Las piezas deben ser sencillas y poder fabricarse en un taller convencional.
- El diseño debe ser robusto y adaptarse a las diferentes medidas de postes por las que puede subir el Koalabot.
- El periodo de tiempo en el que se realiza la operación debe ser relativamente corto.

### **1.2.2. OBJETIVOS DE CARÁCTER ELECTRÓNICO**

Diseño y fabricación de componentes electrónicos que cumpla los siguientes objetivos:

- Debe ser capaz de manipularse a distancia y con un control a bordo.
- El sistema electrónico debe componerse por dos circuitos, uno a bordo del Koalabot y otro en el control remoto.

- Los circuitos deben estar gobernados por microcontroladores PIC.
- Debe incluir sensores que informen al operario de diferentes escenarios y protejan al sistema.
- En lo posible, utilizar sistemas de bajo consumo.
- Debe utilizar componentes comunes y económicos.

## 2. **ALTERNATIVAS DE DISEÑO**

Una vez conocidos los objetivos que debe cumplir el diseño, se debe estudiar diferentes alternativas. Debido a que no existe una solución absoluta, se evaluará cada una de las alternativas en diferentes aspectos y la que mejor cumpla las condiciones será la elegida para desarrollar como diseño final.

### 2.1. **Alternativas**

Al estudiar las alternativas se debe considerar que el sistema se compone de dos elementos principales, el accesorio del Koalabot y la banderola que sostiene el cartel. La condición general que rige la relación entre los dos elementos es que se puede diseñar un accesorio del Koalabot sencillo y una banderola compleja que sea fácil de poner y quitar o diseñar un accesorio complejo pero que pueda colocar banderolas sencillas e incluso poder utilizar las ya existentes.

#### 2.1.1. **BANDEROLA CON CUÑAS**

Es la solución que propone Fernando Pérez en su trabajo de fin de carrera. Consiste en una banderola con un soporte que tiene dos cuñas las cuales utilizan el mismo peso de la banderola para apretar contra el poste. El accesorio del Koalabot consiste en un soporte para las barras de la banderola y otro para las cuñas los cuales pueden hacer desplazar las cuñas dentro de su soporte para que estas suelten el poste. Tanto el soporte como las cuñas están diseñados para fabricarse por inyección de polímero y las barras que sujetan los carteles son tubos de aluminio que se atornillan al soporte.

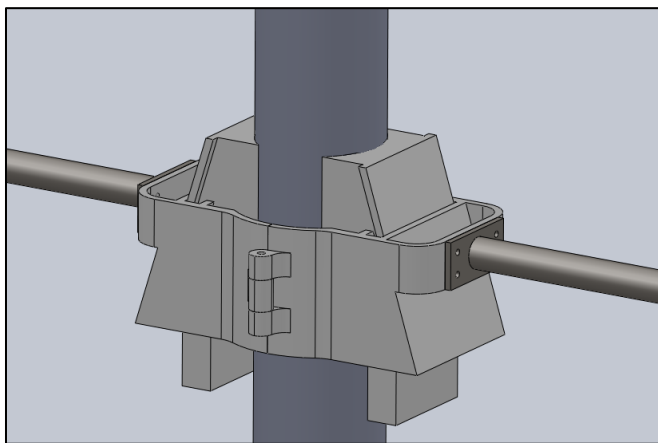
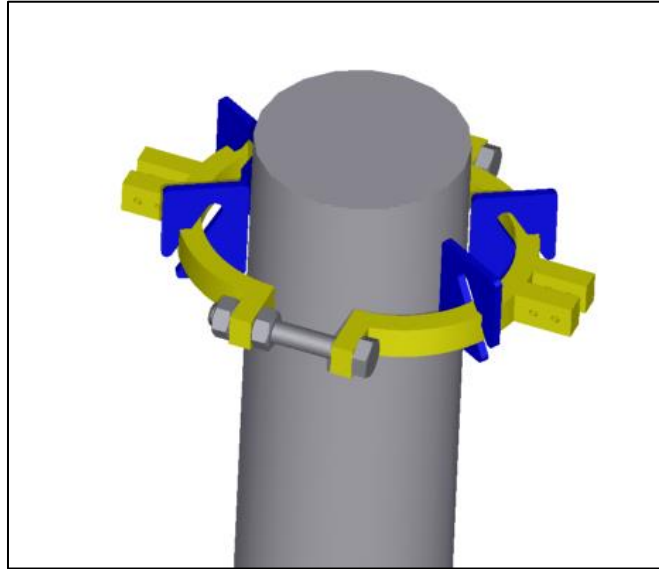


Figura 2-5: Banderola con cuñas

Uno de los inconvenientes de este diseño son las cuñas, las cuales tienen el extremo que hace contacto con el poste con forma de sección circular, lo que es ideal si el poste tiene el mismo diámetro. Pero si es de diámetro es mayor solo se apoyaría en dos puntos muy pequeños de la cuña y si es de diámetro es menos solo se apoyaría en un punto.

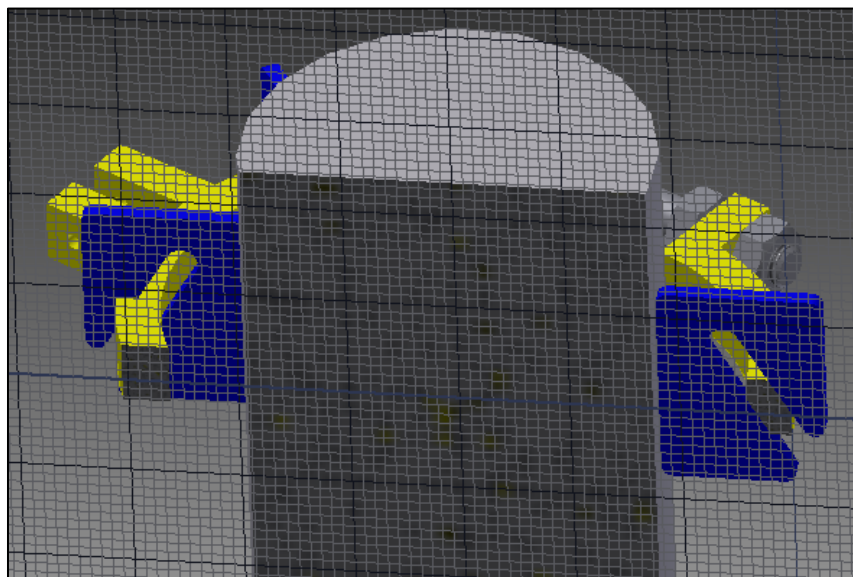
Otro inconveniente es el concepto de fabricar las piezas por inyección de plástico, debido a que es un proceso que necesita una gran inversión en elementos como los moldes.

Tomando en cuenta los inconvenientes anteriores, se diseña una nueva alternativa basada en el mismo concepto.



**Figura 2-6: Alternativa de cuñas sencillas**

En este diseño se utilizan cuñas más sencillas las cuales son de un tamaño único y se pueden fabricar troquelando láminas de acero. El soporte se simplifica mucho, ya que consiste de dos semicírculos los cuales tienen orejas para atornillarse uno a otro y para atornillar las barras que sostienen el cartel, además tienen un tallado que empuja la cuña contra el poste.



**Figura 2-7: Corte Alternativa cuñas sencillas**



Al analizar a fondo este sistema, se llega a la conclusión que tomando en cuenta el tiempo que se encuentran los carteles puestos en los postes (meses) y que estos están a la intemperie, un sistema de apriete con cuñas sería muy fácil de instalar pero muy difícil de remover ya que es muy probable que el mecanismo se atasque y el Koalabot tendría que hacer mucha fuerza hacia arriba para poder soltarlo. Por lo tanto se descarta esta alternativa.

### **2.1.2. BANDEROLA CON BISAGRA Y SEGURO**

El sistema consiste en dos piezas semicirculares con unas patillas de un material flexible que permita apretar el poste. Las piezas se encuentran unidas por una bisagra en cada extremo y un pin, a cada lado se introduce un seguro por los pines el cual tiene una ranura en forma de plano inclinado y un agujero por donde se puede introducir una herramienta con la que el Koalabot pueda tirar hacia abajo para hacer que el sistema se apriete contra el poste o empujar hacia arriba para que el sistema se suelte.

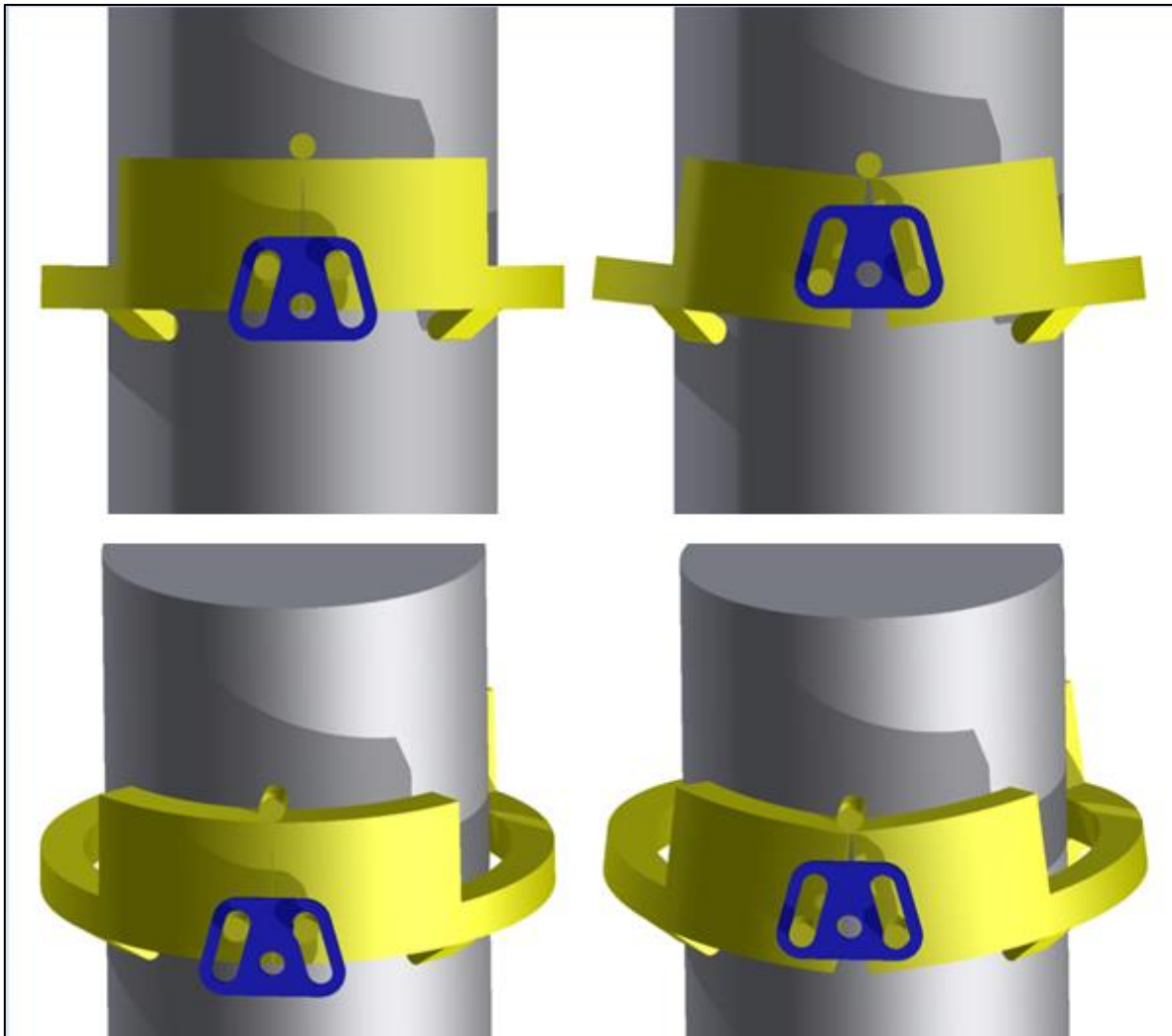


Figura 2-8: Banderola con bisagra y seguro

Los inconvenientes de este sistema son que las piezas semicirculares tendrían que estar formadas de diferentes materiales para que se tuviese la suficiente rigidez para ejercer la fuerza y a la vez flexible para que se apretase contra el poste. Además el seguro debería tener un sistema complejo para que se bloquee al apretar y a la vez fuese fácil de soltar por el Koalabot. Es una alternativa interesante pero se decide descartarla.

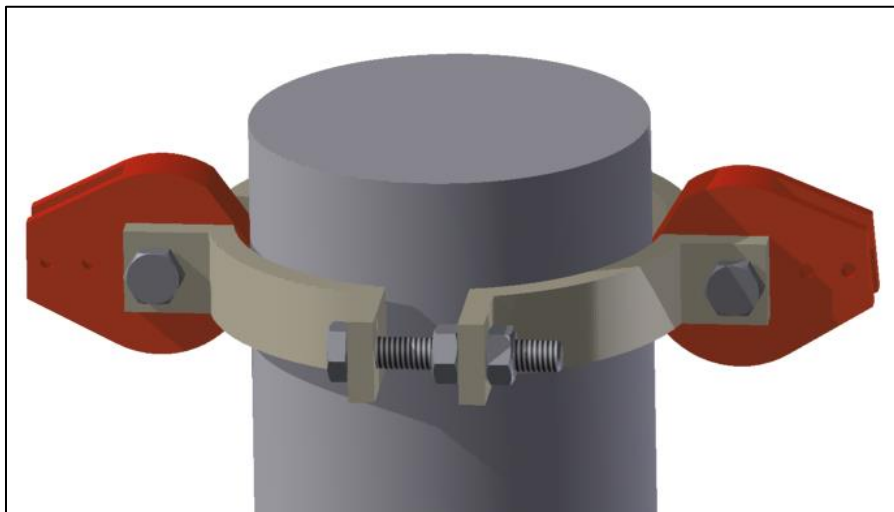
### **2.1.3. BANDEROLA CON LEVAS**

Esta alternativa se basa en los “*Friends*” que se utilizan para escalar, utilizan unas levas las cuales utilizan la fuerza con la que se tira de ellos para apretar contra las paredes de la ranura donde se introduce.



**Figura 2-9: Friends**

Para utilizar este concepto se invierte la posición de las levas para dirigir la fuerza hacia el poste y se utiliza las barras de las banderolas como palanca para ejercer un mayor par. Las levas están unidas por dos secciones circulares las cuales se unen entre sí por tornillos que permiten ajustar todo el sistema a diferentes diámetros de postes.



**Figura 2-10: Banderola con levas**

Este concepto es sencillo y cumple con los objetivos que se plantean al principio por lo que se decide llevarlo a una siguiente etapa de diseño donde se implemente el accesorio con el que el Koalabot sea capaz de manipularlo.

#### **2.1.4. SISTEMA PARA BANDEROLAS CONVENCIONALES**

Una alternativa muy ambiciosa pero con grandes beneficios es hacer un accesorio en el Koalabot capaz de instalar y quitar las banderolas que convencionalmente se utilizan, debido a que operadores que ya disponen de ellas y no deben reemplazarlas por otras más caras. Esta alternativa se enfoca en el accesorio del Koalabot que debe ser considerablemente complejo para que la banderola sea lo más sencilla posible.

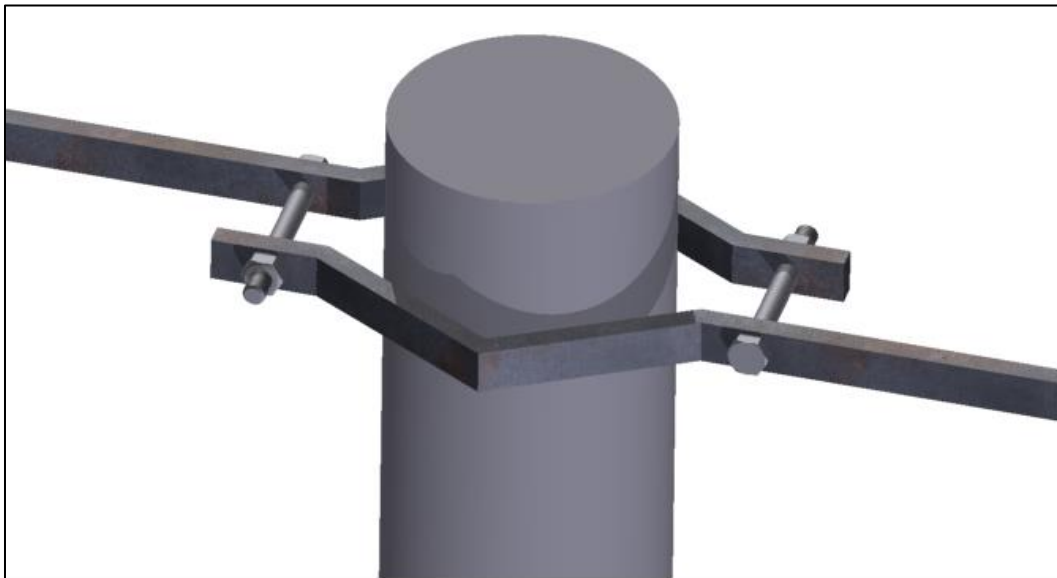


Figura 2-11: Banderola de abrazadera

Este sistema debe poder realizar las siguientes labores:

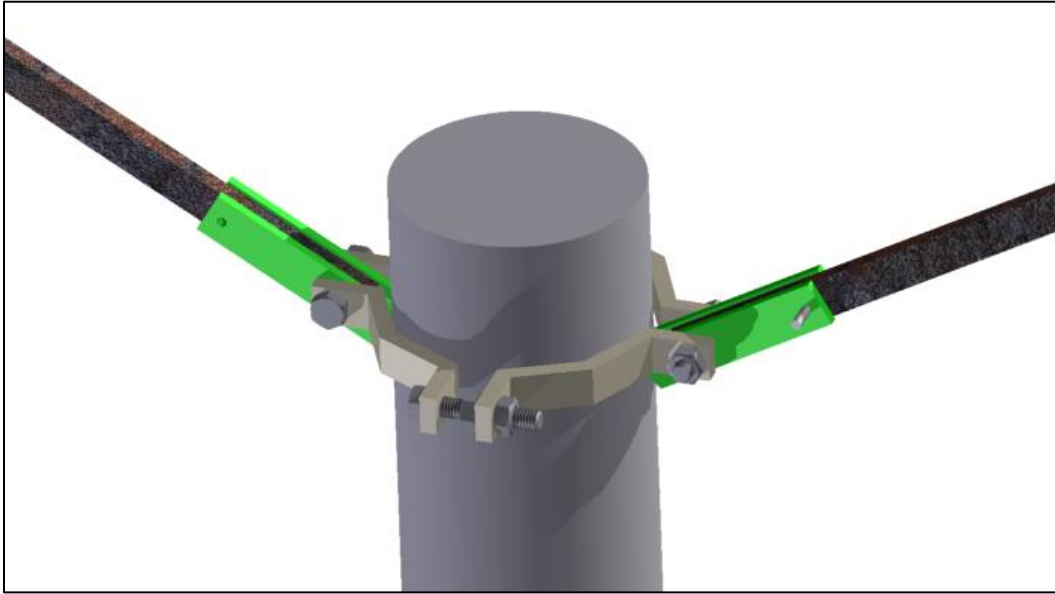
- Sujetar la banderola y girar para direccionarla.
- Apretar y soltar los tornillos que aprietan la banderola.
- Sujetar y soltar la herramienta con la que se aprietan los tornillos.
- Detectar cuando la banderola se encuentra sujeta por el Koalabot.
- Adaptarse a diferentes dimensiones de banderolas.
- Alinearse con los tornillos de la banderola.

Esta alternativa cumple con los objetivos por lo que se decide llevarla a una etapa de diseño superior.

## **2.2. Desarrollo de alternativas**

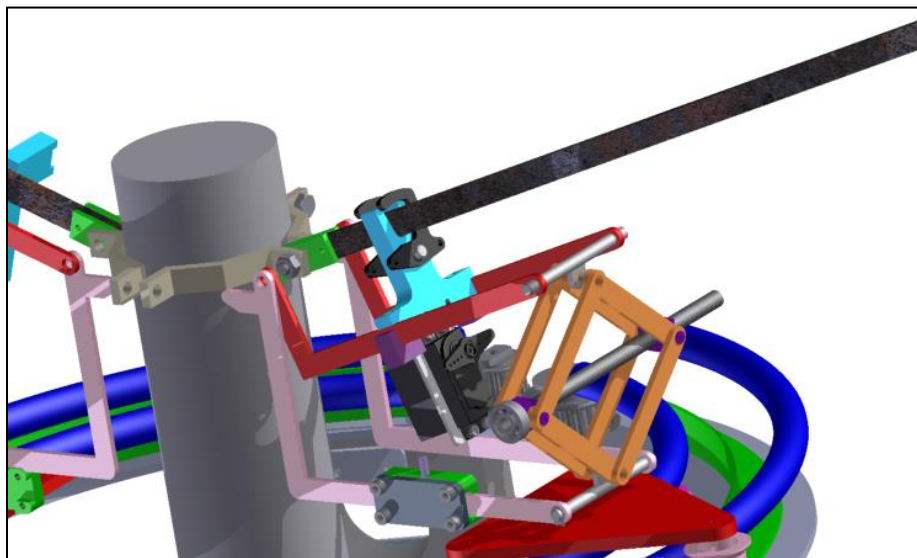
### **2.2.1. BANDEROLA CON LEVAS**

En el desarrollo del diseño se decide simplificar las piezas que forman las levas, se utilizan láminas de acero rectangulares y con la forma de la leva en uno de los extremos. Las secciones circulares se substituyen por barras de acero que se doblan en ángulos para simplificar su fabricación. Se mantiene el concepto de ajustar el diámetro de ajuste con tornillos.



**Figura 2-12: Alternativa banderola con levas versión 2**

Para poner y quitar las banderolas con levas se necesita un mecanismo capaz de sujetar las banderolas por la base y por la barra que sostiene el cartel. Se debe ejercer un par sobre la barra lo suficientemente grande como para sujetar la banderola al poste. Además el mecanismo debe tener su eje de rotación alineado con el eje de rotación de la leva para que ambos describan el mismo movimiento.



**Figura 2-13: Mecanismo de tijera**

Se elige un mecanismo formado por una palanca la cual es accionada por un mecanismo de tijera que a su vez está impulsado por un tornillo sin fin actuado por un motor eléctrico. Este mecanismo tiene una gran ventaja mecánica por lo que no es necesario utilizar actuadores de gran potencia.

Para colocar banderolas en diferentes diámetros de postes el mecanismo de tijera se debe colocar sobre una base que pueda ajustar en dirección radial al centro del poste, además esta base debe estar montada sobre un carro que se traslada alrededor del poste para que se pueda direccionar el cartel una vez que se sitúa en la posición donde se quiere instalar.

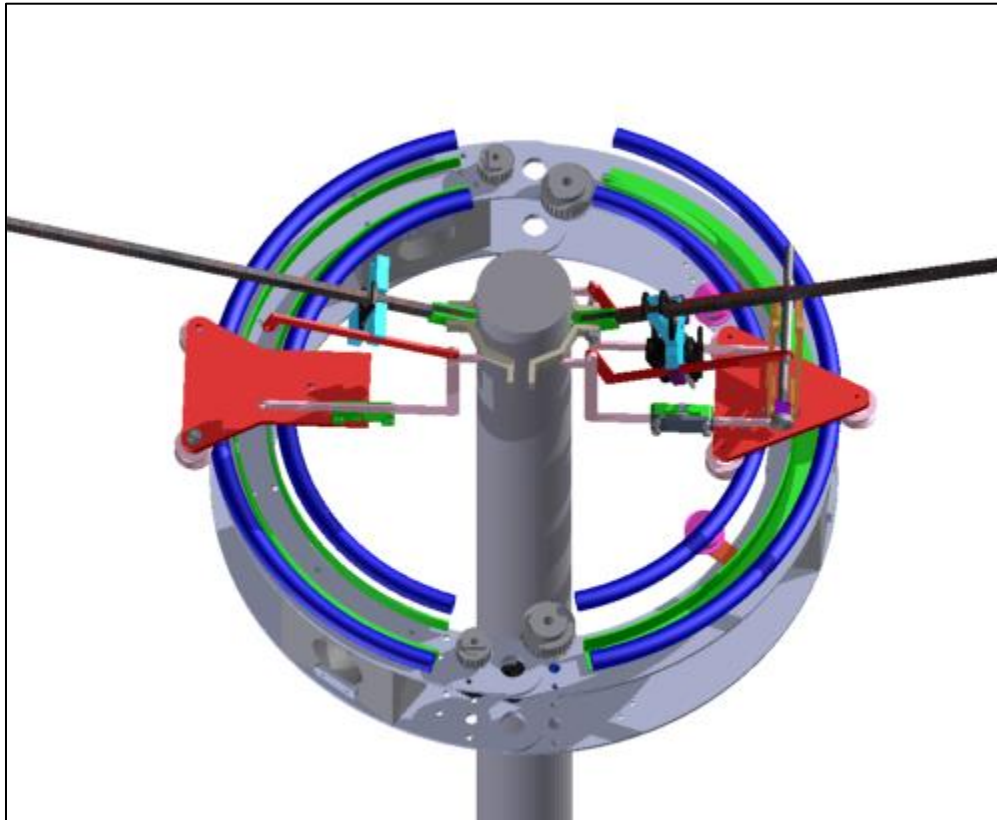


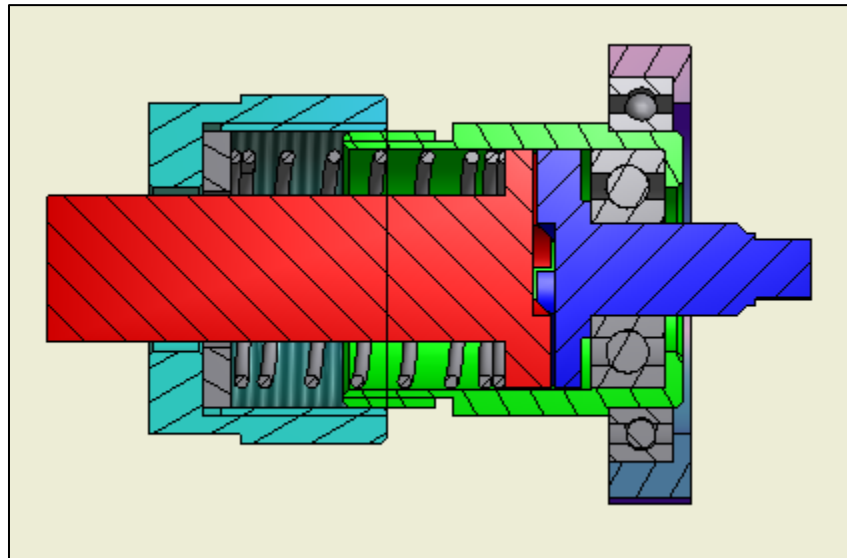
Figura 2-14: Sistema de banderola con leva

### **2.2.2. SISTEMA PARA BANDEROLAS CONVENCIONALES**

Al iniciar el diseño de este sistema, una de las preocupaciones principales es el mecanismo encargado de apretar y soltar los tornillos. Ya que se debe tener en cuenta lo siguiente:

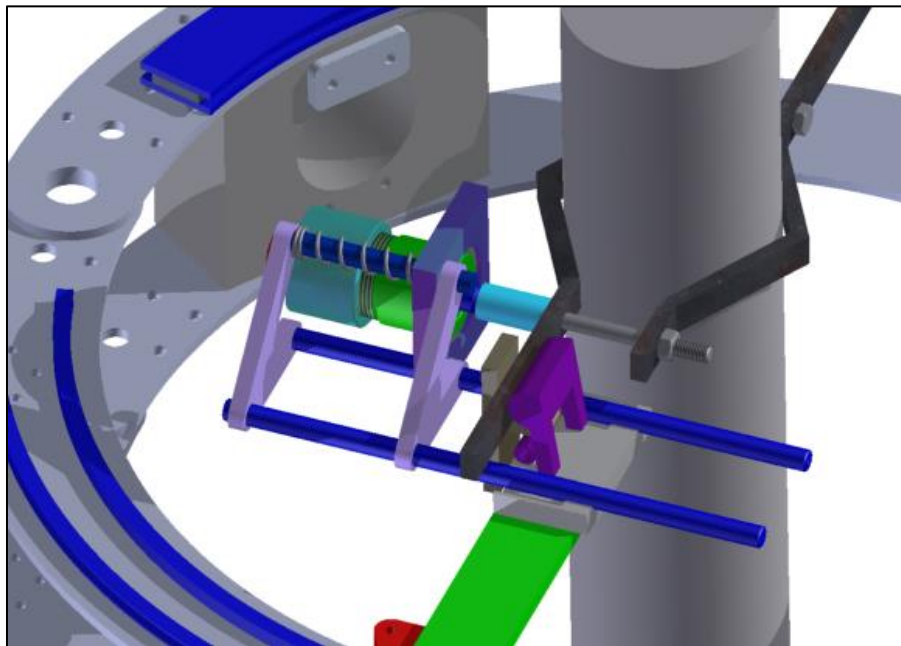
- El mismo motor que aprieta el tornillo debe ser capaz de soltarlo.
- Una vez que el tornillo esté apretado el motor dejará de moverse y corre riesgo de averiarse.
- Debe tener un mecanismo capaz de embocar o retirar la llave de la cabeza del tornillo.

Para solucionar los primeros dos objetivos se decide colocar un embrague después de la leve, el embrague debe tener la capacidad de ajustar la fuerza con la que se aprieta el tornillo y una vez superado el par deseado, debe patinar.



**Figura 2-15: Embrague con retorno autoblocante**

El tercer objetivo se resuelve utilizando un sistema de guías cilíndricas que utilizan un sistema de muelles que empujan contra el tornillo. Para desplazar este sistema se utiliza una leva que es accionada por un servomotor de radiocontrol.



**Figura 2-16: Aplicación sistema de embrague**

De la misma forma que la alternativa de las levas el mecanismo debe de estar colocado sobre una base de ajuste radial y sobre un carro que gire alrededor del poste para poder



direccionar el cartel una vez ubicado en la posición donde se desea instalar, con la diferencia que éste sistema de posicionamiento no estará sometido a las fuerzas tan grandes por lo que puede ser más sencillo.

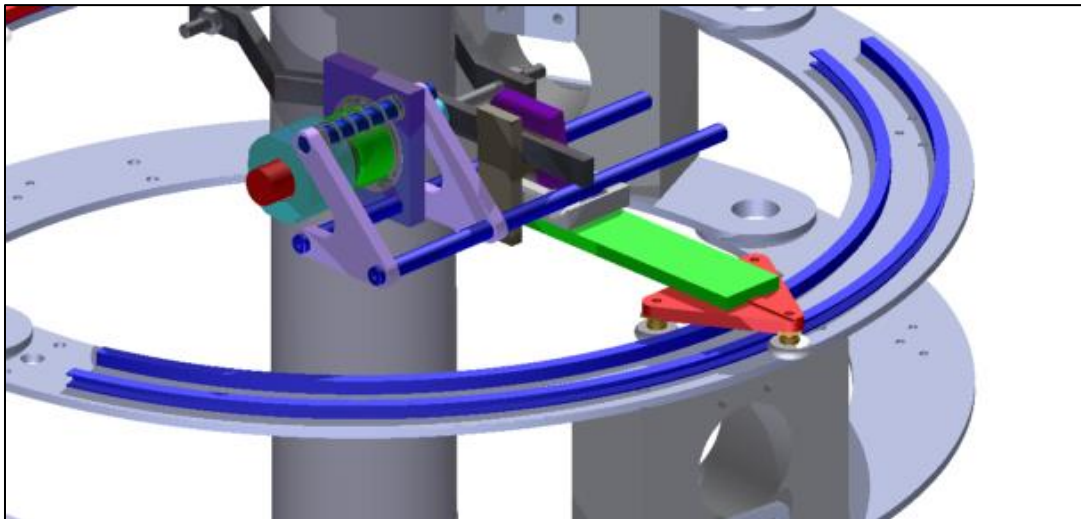


Figura 2-17: Sistema de guías para alternativa de embrague

### **2.2.3. ELECCIÓN DE ALTERNATIVA**

Una vez que se llevó ambas alternativas a un nivel de diseño más desarrollado se puede tomar una decisión sobre cual elegir. Las dos alternativas ocupan una clasificación diferente, una tiene un sistema de banderolas sencillas con el accesorio del Koalabot complejo y la otra, banderolas complejas con el accesorio del Koalabot sencillo.

La alternativa de banderolas con levas tiene la desventaja que es más difícil de ajustar en postes troncocónicos ya que el diámetro de éste cambia según la altura, lo que puede dar como resultado que:

- La banderola no se sujete del poste.
- La banderola quede falsamente sujeto lo que podría provocar que el cartel se caiga o mueva.
- La banderola se apriete mucho y dañe el poste.

La alternativa de las banderolas convencionales tiene una gran ventaja comercial ya que se adapta al sistema que ya existe en las empresas de publicidad y no deben de reemplazar su inventario. El mantener las banderolas lo más sencillo posible reduce costos ya se utilizan en gran número y son elementos que quedan a la intemperie y sea necesario sustituirlos periódicamente. Además el sistema de guías y bases del accesorio del Koalabot es mucho menor ya que no tiene que soportar las reacciones de apretar las levas.

Debido a las condiciones que se explican anteriormente se llega a la decisión de optar por la alternativa de banderolas convencionales.





### 3. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Una vez se decide el concepto de la alternativa de diseño que se quiere desarrollar se crea una serie de especificaciones que debe cumplir el prototipo. Se pueden dividir en especificaciones mecánicas, especificaciones electrónicas y especificaciones de software. Para cada una de ellas se elabora una tabla donde se describe la especificación, el valor de la especificación (si es cuantitativa) y el criterio por la cual se elige.

#### 3.1. Especificaciones mecánicas

Las especificaciones mecánicas se entienden como las condiciones que debe cumplir el prototipo respecto al diseño físico, como deben ser las dimensiones, la forma en que actúan los diferentes mecanismos y las fuerzas que están involucradas.

<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>	<b>Criterio</b>
Adaptación a diámetro de poste.	40 a 120mm	El mismo rango con el que trabaja el Koalabot.
Velocidad de ascenso.	8 m/min	Velocidad razonable para operar cómodamente.
Giro de posicionamiento.	$120^{\circ} \leq 180^{\circ}$	Da opción a mejorar la orientación inicial del cartel y esquivar obstáculos durante el ascenso.
Tiempo de puesta en marcha.	$\leq 5$ min	Debe ser sencillo y rápido para que sea una opción atractiva.
Uso de llaves estándar.	N/A	Facilita la fabricación y lo operarios pueden utilizar diferentes medidas de tornillos en las banderolas.
Diseño sencillo de piezas.	N/A	Reduce el precio y tiempo de fabricación.
Par de apriete de tornillos.	3 Nm	Par suficiente para fijar un tornillo.
Materiales ligeros.	Aluminio, teflón.	Son materiales ligero y con una resistencia mecánica considerable.
Componentes comerciales comunes.	N/A	Importante para que sean baratos y fáciles de conseguir.

Tabla 3-1: Especificaciones mecánicas

#### 3.2. Especificaciones electrónicas

Las especificaciones electrónicas se entienden como las condiciones que debe cumplir el prototipo respecto al control de los sensores y actuadores. Que se utilizará para gobernar todo el sistema y cómo será la interfaz entre el usuario y el Koalabot.

<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>	<b>Criterio</b>
Alimentación.	5 y 24V	Los componentes electrónicos trabajan a 5V y los actuadores 24V.
Uso de microcontroladores PIC	N/A	Se tiene experiencia utilizándolos, son sencillos, baratos.
Control a distancia.	$\geq 20\text{m}$	Imprescindible para que el operario pueda controlar el Koalabot desde el suelo.
Control abordó.	N/A	Se debe poder controlar sin necesidad del control a distancia, para facilitar la puesta en marcha.
Fuente de alimentación externa.	N/A	Reduce significativamente el peso y el precio. Además de aumentar el tiempo de operación.
Componentes comerciales comunes.	N/A	Importante para que sean baratos y fáciles de conseguir.

Tabla 3-2: Especificaciones electrónicas

### 3.3. Especificaciones de software

Las especificaciones de software se entienden como las condiciones bajo las que se rige el código de programación con lo el que se controlan los microprocesadores.

<b>Especificación</b>	<b>Valor</b>	<b>Criterio</b>
Lenguaje de programación.	C	El compilador usado, trabaja con este lenguaje y tiene funciones que facilitan la programación.
Programa de edición	MPLAB	Es gratuito, diseñado específicamente para dispositivos Microchip y es el utilizado en el máster de mecatrónica.
Programa de compilación.	CCS	Es compatible con MPLAB y es utilizado en máster de mecatrónica.
Comunicación asíncrona.	RS232	Es el protocolo que se utiliza para que dos PICs se puedan comunicar inalámbricamente de forma sencilla.
Señal PWM.	50Hz	Es la señal que se utiliza para controlar los servomotores.

Tabla 3-3: Especificaciones de software

## **4. DISEÑO DEL SISTEMA**

El diseño del sistema es un proceso donde se analiza cada una de las especificaciones y se desarrolla una solución capaz de cumplir cada una de ellas, debido a que este proyecto es de carácter mecatrónico se separa el diseño en tres grupos principales:

- Diseño mecánico
- Diseño electrónico
- Diseño de software

En cada uno de ellos se explica cómo se resuelven problemas específicos, utilizando las herramientas especializadas como los programas CAD para diseño mecánico, electrónico o programas de compilación para la creación de software. Todo esto creando una sinergia entre los grupos para obtener un resultado satisfactorio.

### **4.1. Diseño mecánico**

Para realizar la parte mecánica se ha utilizado el programa de diseño *Autodesk Inventor*, el cual permite realizar piezas en un entorno 3D para posteriormente ensamblarse y finalmente desplegarlos en un plano impreso. Cuenta con la facilidad de disponer un gran inventario de piezas comerciales, como rodamientos o tonillos, además cuenta con un motor generador de elementos estandarizados como engranajes, poleas dentadas, correas, etc.

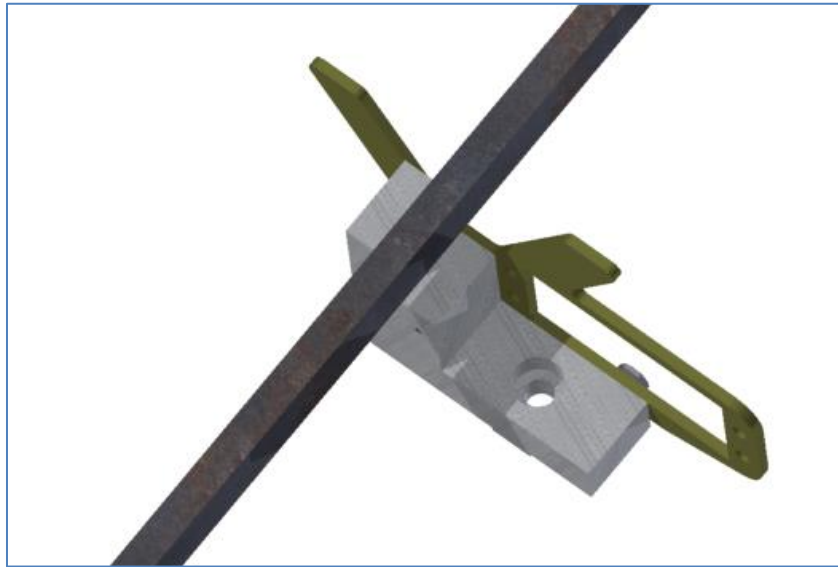
El diseño del accesorio para colocar carteles convencionales se divide en sistemas de mecanismos para ser analizados con mayor facilidad:

- Sistema de sujeción de banderolas.
- Sistema de sujeción de tornillos.
- Sistema de posicionamiento manual.
- Sistema de posicionamiento giratorio.
- Sistema de elevación del Koalabot.

#### **4.1.1. SISTEMA DE SUJECCIÓN DE BANDEROLAS**

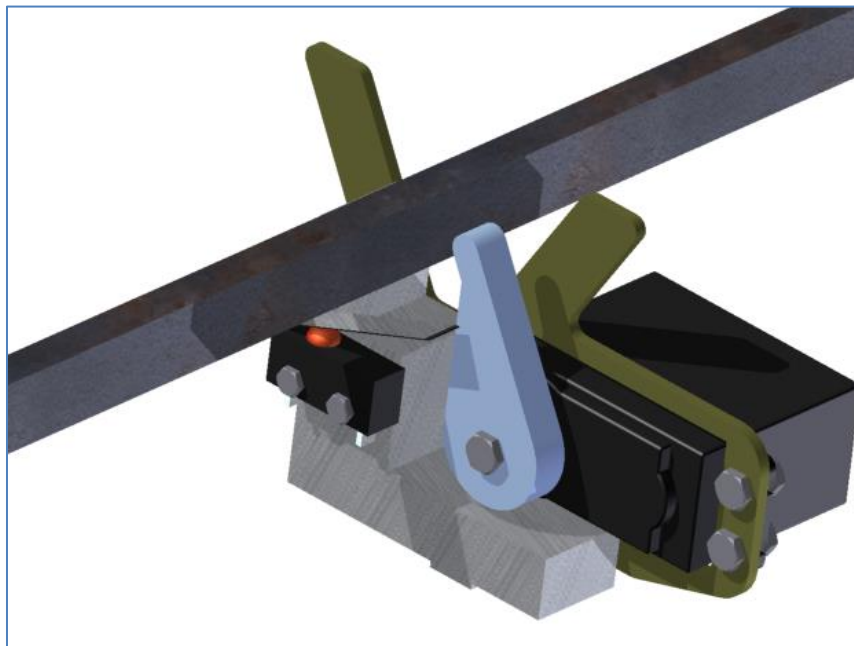
Este sistema es sencillo pero de crucial importancia ya que tiene como tarea mantener la banderola en la posición correcta durante todo el procedimiento de instalación. Además debe ser capaz de facilitar la alineación del sistema de sujeción de tornillos cuando la tarea del Koalabot es remover las banderolas de los postes.

Se decide diseñar este sistema usando dos soportes que sujeta la banderola teniendo dos planos fijos lo que permite que los demás sistemas queden alineados. Para asegurarse que la banderola quede sujeta hacia los planos fijos se utiliza un actuador eléctrico. Además se coloca un suplemento en forma de “V” que ayuda a embocar la banderola.



**Figura 4-18: Soporte y guiado de banderola**

Una vez dimensionado el sistema se toma la decisión de usar un servomotor de radiocontrol como actuador eléctrico debido a que es un elemento con pequeñas dimensiones, un par razonable, un precio muy asequible y la facilidad para manipularlo. Además se sitúa un final de carrera que informará al usuario de cuando la banderola está en la posición correcta.

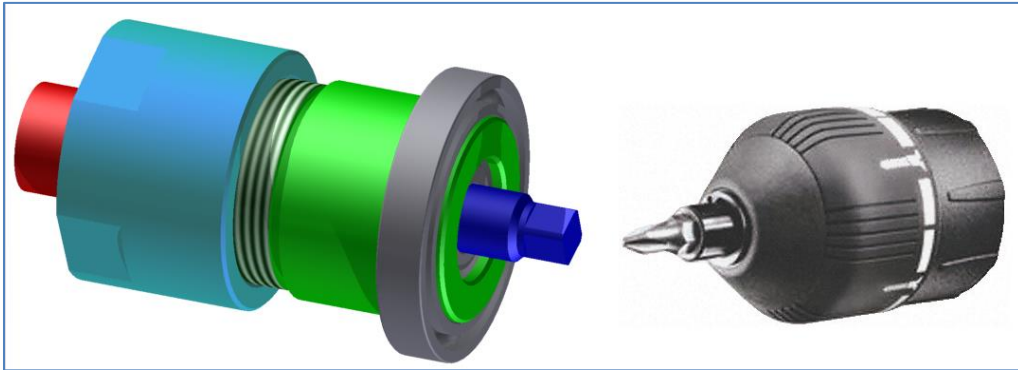


**Figura 4-19: Sistema de sujeción de banderola**

#### **4.1.2. SISTEMA DE SUJECCIÓN DE TORNILLOS**

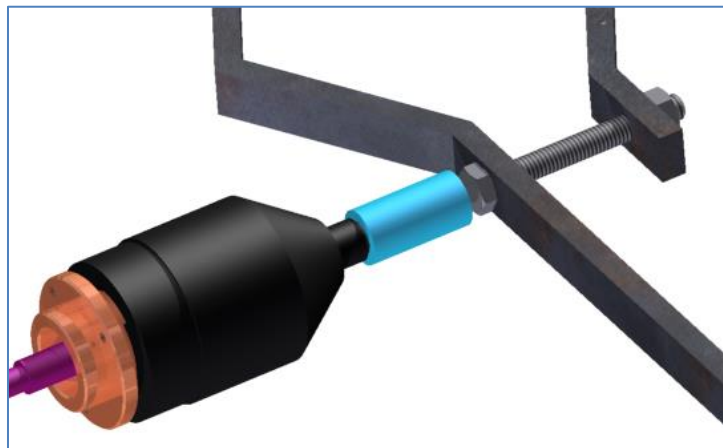
Este sistema es de vital importancia, cumple la finalidad de sujetar la banderola al poste, debe ser capaz de apretar y soltar el tornillo, además de acoplar y desacoplar la llave de vaso con la cabeza del tornillo.

Como se mencionó en el capítulo anterior, este sistema debe ser capaz de apretar el tornillo de la banderola pero también debe ser capaz de quitarlo, para solucionar este problema se diseña un embrague ajustable. A pesar que el diseño del embrague es satisfactorio se realiza una búsqueda de un elemento comercial que tenga las mismas características. Como resultado se obtiene un embrague de la marca “BOSCH” que aunque tiene la desventaja que el embrague desliza en ambas direcciones, tiene un precio muy reducido y características muy atractivas. Por lo que se toma la decisión de utilizar éste elemento comercial.



**Figura 4-20: Embrague diseñado y embrague comercial**

Otra de las condiciones del sistema es la capacidad de acoplar y desacoplar la llave de vaso con la cabeza del tornillo, lo cuál puede ser un poco complejo considerando que para acoplar estos elementos se deben desplazar de forma colineal con las caras tangentes alineadas. Una vez el tornillo ya este apretado el sistema debe de retirarse hacia atrás para que el Koalabot pueda desacoplarse de la banderola.



**Figura 4-21: Llave alineada con tornillo**

Para resolver este problema se decide montar todo el sistema sobre un grupo de rodamientos lineales, dos muelles empujan todo el conjunto de forma perpendicular hacia el tornillo, por lo que siempre existe una fuerza que intenta embocar la llave y la cabeza el tornillo por lo que cuando ésta gire como máximo un sexto de vuelta las caras tangentes estos elementos quedarán alineadas. Para poder retirar la llave de la cabeza se utiliza una leva que actúa sobre las barras de los rodamientos lineales, que a su vez es accionada por un servomotor de radiocontrol.

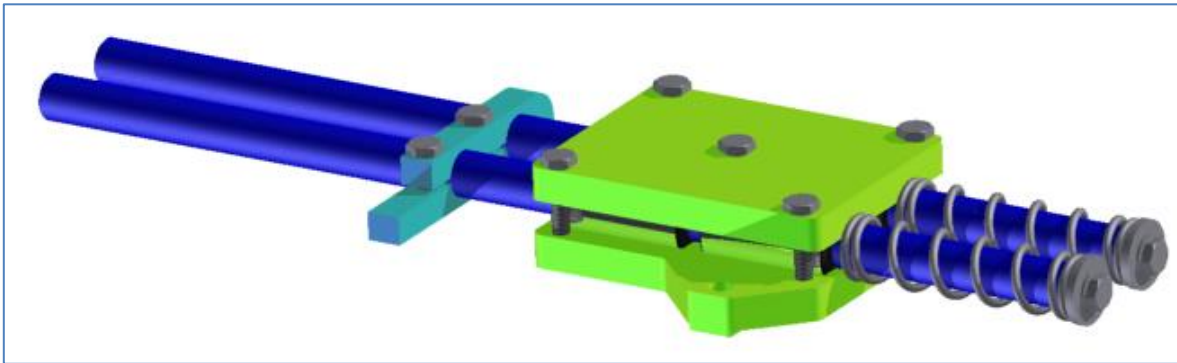


Figura 4-22: Sistema de guiado lineal

Finalmente se debe seleccionar el actuador que se conecta con el embrague para hacer girar la llave. El requerimiento de par para fijar el tornillo es de aproximadamente 3 Nm, lo que es más que suficiente para que la banderola quede sujeta al poste.

En el momento de dimensionar los diferentes elementos del sistema de sujeción de tornillos se decide unir el actuador y el embrague mediante un sistema de poleas dentadas. Por lo que no solo se podrá distribuir los elementos de una forma más apropiada, sino que también se obtendrá un aumento del par.

Se selecciona una polea de 16 dientes para el eje del actuador y otra de 40 dientes para el eje del embrague. Para el actuador se selecciona un motor de corriente continua, modelo 9254 de la marca “clr”, el cual se alimenta a 24 voltios, gira a 12 rpm y otorga 0,96 Nm.

El par final del sistema se puede deducir con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Relación entre poleas: } \frac{48}{16} = 3 \rightarrow 3 * 0,96 = 2,88 \approx 3Nm$$

Ecuación 4-1

Tomando en cuenta que las banderolas están sujetas con tornillos M6x1 y que estos se deben desplazar aproximadamente 10mm para fijar la banderola al poste, se puede determinar el tiempo que tomaría realizar toda la operación:

$$\frac{12rev}{min} * \frac{mm}{rev} * \frac{16dientes}{48dientes} * \frac{2 actuadores}{10mm} = 1,25min = 1'15"$$

Ecuación 4-2

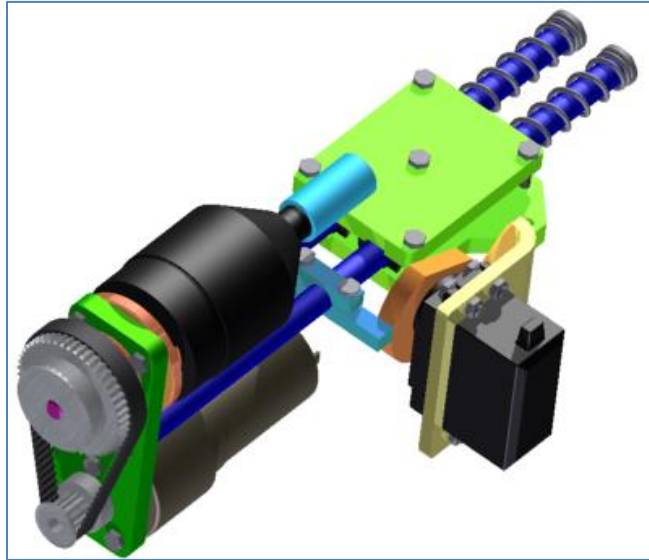


Figura 4-23: Sistema de sujeción de tornillos

#### **4.1.3. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO MANUAL**

El sistema de posicionamiento manual tiene la función de adaptar los sistemas de sujeción de la banderola y de sujeción de tornillos, a la variedad de diferentes diámetros de postes por lo que puede subir el Koalabot.

El sistema consiste de dos mecanismos de movimiento lineal que se desplazan en sentido perpendicular entre sí. El primero en sentido tangente al giro del Koalabot y el segundo en sentido radial.

El primer mecanismo se compone de un carro, el cual se le denomina “carro Y” y sujeta dos rodamientos lineales, los cuales se desplazan por dos barras cilíndricas que se encuentran sujetas al carro de posicionamiento giratorio. El “carro Y” cuenta con un elemento en forma de prensa cuya función es sujetar el carro en una posición simplemente apretando un tornillo. Finalmente este carro posee una guía lineal, perpendicular al movimiento del carro, de la cual se sujeta el segundo mecanismo que se desplaza en sentido radial.

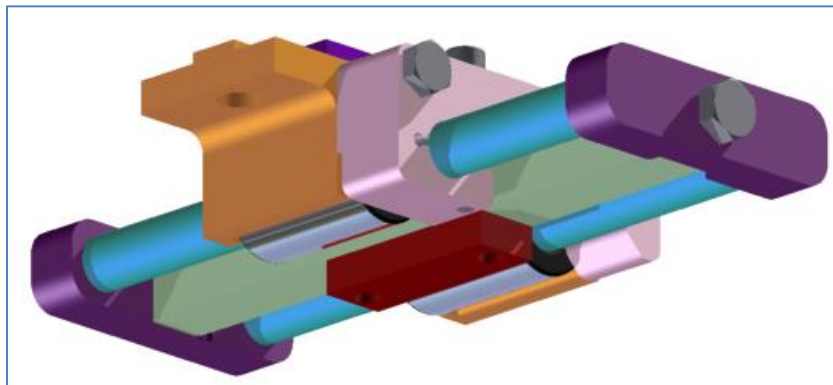
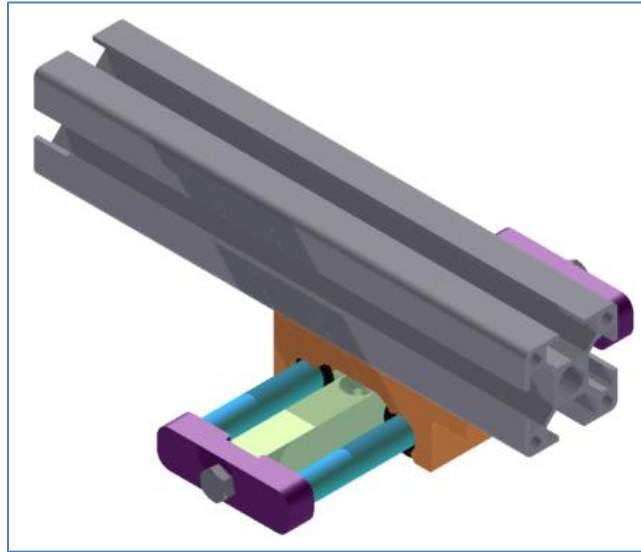


Figura 4-24: Carro Y

El segundo mecanismo consta simplemente de una barra de aluminio extruido, la cual se desliza por la guía lineal del “carro Y” y se sujeta apretando un tornillo. Esta barra es de gran utilidad ya representa la unión entre los sistemas de sujeción de banderola y de sujeción de tornillos al resto del Koalabot.



**Figura 4-25: Sistema de posicionamiento manual**

#### **4.1.4. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GIRATORIO**

Este es uno de los sistemas más complejos de todos, su finalidad es hacer girar el accesorio para colocar carteles con respecto al Koalabot. Esto se debe a que por diferentes razones como desalineaciones en el momento sujetar la plataforma al poste o simplemente por irregularidades en los postes, el Koalabot puede girar durante el ascenso. Además es importante tener la opción de direccionar el cartel hacia donde se desea justo en el punto donde será situado.

Este sistema se puede dividir en dos subsistemas, la guía con su carro y el mecanismo de movimiento. Para ambos subsistemas existe una gran variedad de alternativas por lo que se invierte muchos recursos en elegir el correcto.

##### ***Guía y carro***

Existen muchas alternativas de guías lineales con carros, pero este número se ve reducido al tratarse de guías lineales curvas. En el mercado existen varios fabricantes de estos sistemas pero debido a que su número es muy reducido y a la dificultad de su fabricación tienen precios muy elevados y tiempos de entrega superiores a las 8 semanas. Debido a esto, se decide fabricar una guía sencilla ya que como se comentó en las alternativas, este sistema no necesita de guías con una alta precisión ni que soporten altas cargas.

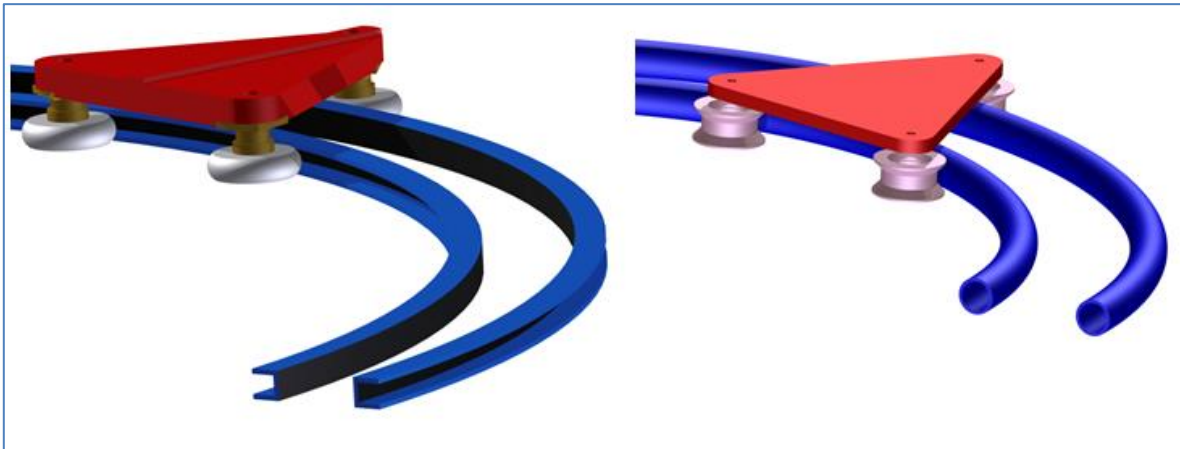




**Figura 4-26: Guía lineal curva comercial**

Para fabricar una guía lineal circular sencilla existen varias alternativas, una de las primeras que se contempla es el uso de dos tubos doblados describiendo dos medias circunferencias, de diferentes radios. El carro tiene una serie de rodillos con perfil circular que se sujetan de los tubos.

La siguiente alternativa es utilizar barras en forma de C que se doblan, al igual que los tubos, en dos medias circunferencias, pero con las caras del perfil de forma opuesta hacia la parte externa de la circunferencia. En este caso, el carro cuenta con unos rodillos más sencillos con un perfil redondeado que se introduce parcialmente dentro del perfil en C.



**Figura 4-27: Guías lineales circulares de perfiles doblados**

El inconveniente de estas dos alternativas es que es necesario una máquina dobladora con cierta precisión para poder doblar los tubos lo las barras, debido a que el taller de la universidad no cuenta con ella son descartadas.

Tomando en cuenta todas cualidades de las alternativas anteriores se llega a una alternativa satisfactoria, se diseña una guía cortando una placa de aluminio en forma de medio anillo,

el carro utiliza unos rodillos con perfil en forma de C con el que se guía. Debido a que estos rodillos producen una gran fricción con la cara superior de la guía, el carro se equipa con rodillos verticales que ruedan sobre ella.

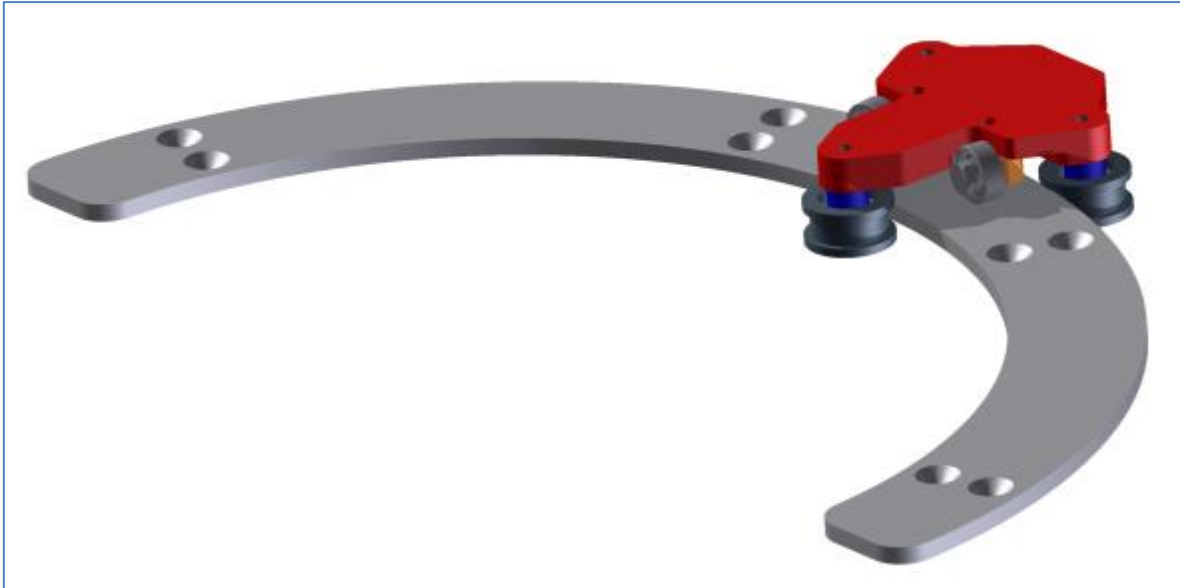


Figura 4-28: Guía plana

#### ***Mecanismo de movimiento circular***

El mecanismo de movimiento de este sistema que cumpla con todas especificaciones es un reto. Para realizar un sistema funcional debe ser capaz de trasladar todo el sistema por las guías lineales y permitir que el Koalabot se abra para abrazar los postes.

La alternativa inmediata se basa en utilizar una corona dentada en forma de anillo al igual que la guía, se coloca un motor con un engranaje en el carro. Este sistema es el utilizado en la alternativa diseñada por Fernando Pérez. El inconveniente de este diseño es que una corona dentada de estas dimensiones tienes costos muy elevados y el sistema con el motor en el carro puede dar problemas para mantener un movimiento coordinado entre las dos mitades del Koalabot.

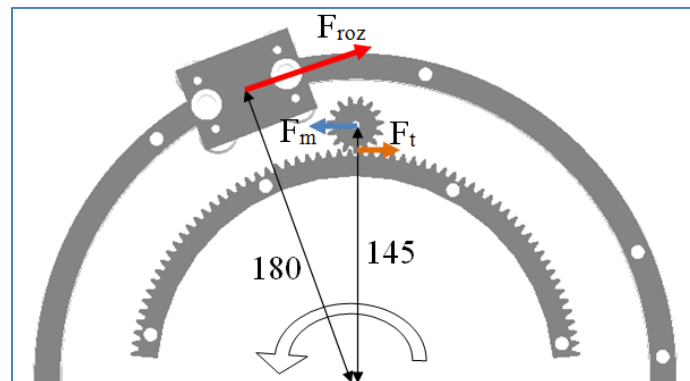


Figura 4-29: Sistema de corona para giro

Para poder cumplir con los requerimientos del sistema y no perder la simetría en el movimiento de los carros, se decide utilizar un solo motor. Para lograr esto existe un solo punto donde puede ir situado el eje principal y es la bisagra por donde se abre el Koalabot, por lo que se debe rediseñar, junto con una serie de piezas que soporten el motor y los engranajes para situar un mecanismo de traslación.

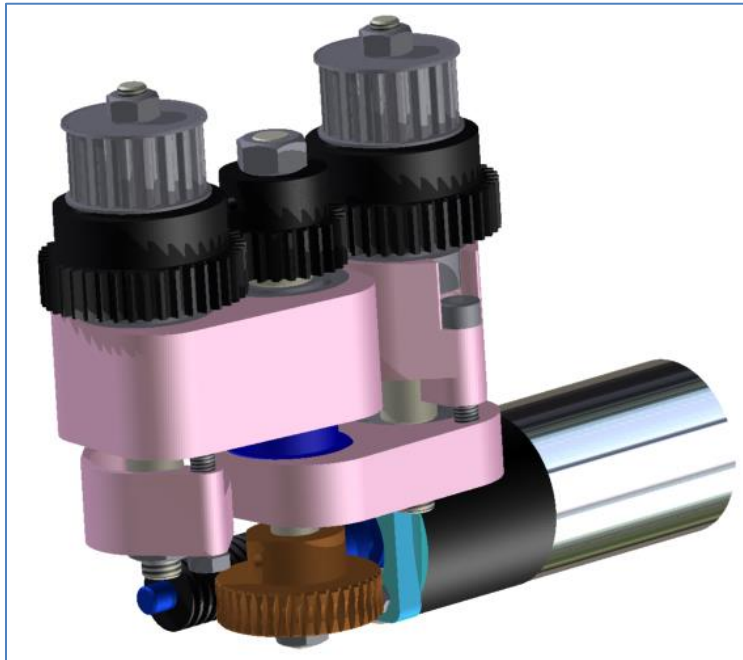


Figura 4-30: Mecanismo de movimiento

Una vez se tiene una fuente motriz se toma la decisión que la mejor forma para trasladar los carros por las guías es mediante correas dentadas t5, ya que son livianas, flexibles, tienen una excelente tracción y un precio aceptable.

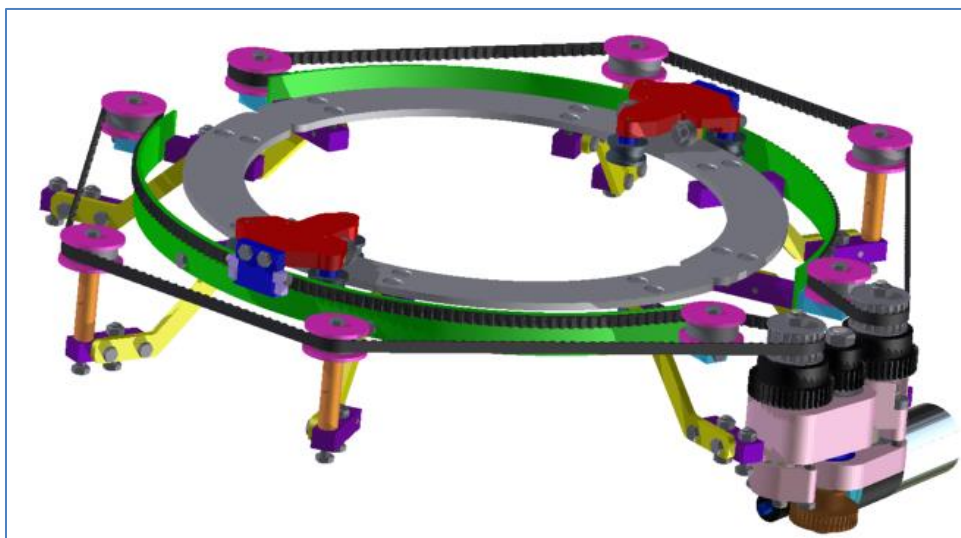


Figura 4-31: Sistema de movimiento circular

Una vez dimensionado el sistema se deben calcular los elementos mecánicos que se instalarán, que son los siguientes:

- Polea t5 de 18 dientes
- Engranaje módulo 1.0 de 26 dientes
- Engranaje módulo 1.0 de 40 dientes
- Piñón de tornillo sin fin módulo 0.8 de 40 dientes
- Tornillo sin fin módulo 0.8 de 1 desarrollo.
- Motor clr7850 de 429rpm y 0.072Nm

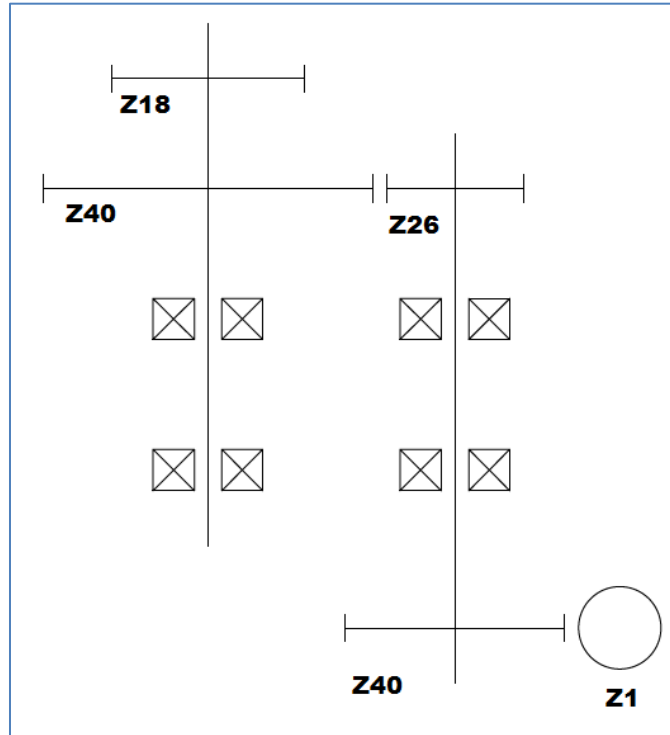


Figura 4-32: Diagrama tren de engranajes

$$\text{Desarrollo polea: } \frac{5\text{mm}}{\text{diente}} * \frac{40 \text{ dientes}}{\text{rev}} = \frac{200\text{mm}}{\text{rev}}$$

Ecuación 4-3

$$\text{Relación engranajes: } \frac{26}{40} * \frac{1}{40} = 0.01625 \quad \therefore 1:61.5$$

Ecuación 4-4

$$\text{Velocidad correa: } \frac{200\text{mm}}{\text{rev}} * \frac{1}{61.5} * \frac{429\text{rev}}{\text{min}} * \frac{\text{min}}{60\text{s}} = \frac{23.25\text{mm}}{\text{s}}$$

Ecuación 4-5

$$\text{Par en la polea: } 61.5 * 0.072\text{Nm} = 4.428\text{Nm}$$

Ecuación 4-6

#### 4.1.5. SISTEMA DE ELEVACIÓN DEL KOALABOT

El Koalabot utiliza un motor DOGA modelo 111 de corriente continua de 12 voltios con una reducción de tornillo sin fin que otorga un par de 5Nm nominal girando a 40rpm y sirve de freno autoblocante. Este motor tiene suficiente par para hacer ascender al Koalabot pero debido a que el accesorio para colocar accesorios carteles representa un peso significativo, se toma la decisión de cambiarlo por otro que otorgue un mayor par.

Para modificar el mínimo número de piezas en el Koalabot, se busca dentro del catálogo de DOGA un motor similar con un par mayor. Finalmente se encuentra el modelo 319, que alimentado a 24 voltios, otorga 9Nm y gira a 45rpm. Además tiene la misma distribución en los tornillos de anclaje y dimensiones adecuadas para entrar dentro del Koalabot, la única pieza que se debe modificar es el eje de transmisión.

319.1860.30.00	24	9 / 79.6	30	3						81:1
319.1862.20.00	12	8 / 70.8	45	6						81:1
319.1862.30.00	24	9 / 79.6	45	3						81:1
319.3820.20.00	12	9 / 79.6	30	7						81:1
319.3820.30.00	24	9 / 79.6	30	3						81:1
319.3822.20.00	12	8 / 70.8	45	6						81:1
319.3822.30.00	24	9 / 79.6	45	3						81:1
319.3845.20.00	12	6 / 53.1	65	8						78:2
319.3845.30.00	24	6 / 53.1	65	4						78:2
319.3846.20.00	12	4 / 35	85	7						78:2
319.3846.30.00	24	4 / 35	85	3.5						78:2
319.3860.20.00	12	9 / 79.6	30	7						81:1
319.3860.30.00	24	9 / 79.6	30	3						81:1
319.3862.20.00	12	8 / 70.8	45	6	50 / 442	50	E35	C37	EE4	81:1
319.3862.30.00	24	9 / 79.6	45	3	60 / 531	25	E35	C37	EE4	81:1
319.9059.30.00	24	2.2 / 19.47	230	4	20 / 177	36	E35	C37	EE4	67:4
319.9128.30.00	24	2.2 / 19.47	230	4	20 / 177	36	E35/E63	C38	EE4	67:4
319.9137.20.00	12	2 / 17.7	155	8	20 / 177	60	E35	C38	EE4	67:4
319.9137.30.00	24	2 / 17.7	175	4	20 / 177	30	E35	C38	EE4	67:4



Figura 4-33: Motor DOGA 319

#### 4.1.6. ENSAMBLE FINAL

Una vez se tienen los diferentes componentes mecánicos se unen para formar un solo componente, se deben realizar pruebas para comprobar que todos los mecanismos funcionen correctamente y que no se encuentren interferencia de un componente con otro. Además se debe comprobar la alineación de los diferentes sistemas para que cuando se coloca la banderola, esta gire correctamente por el centro y que las llaves coincidan con los tornillos.

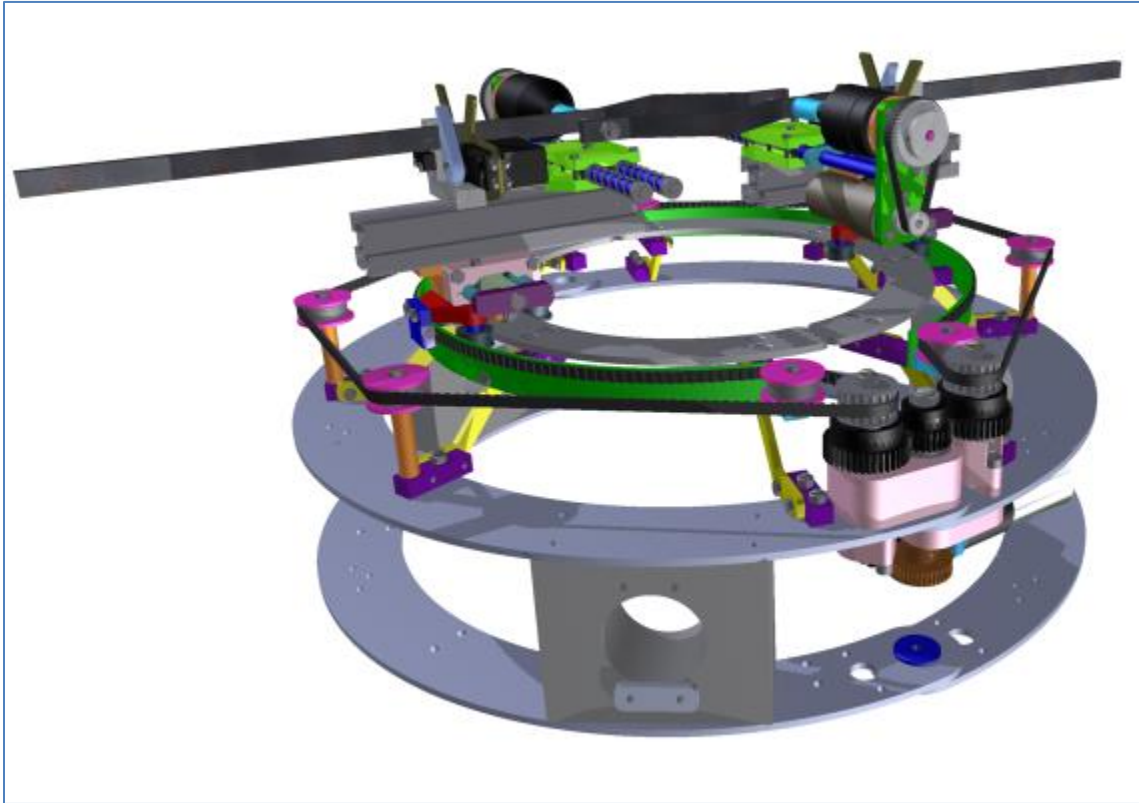


Figura 4-34: Ensamble completo

#### 4.2. Diseño electrónico

Una vez se realiza el diseño mecánico y se tienen en cuenta los actuadores que se requieren, se pasa a la etapa de la electrónica. No solo se decidirá cómo se controlarán estos actuadores, sino que también los sensores que se necesitan y cómo será la interacción entre ellos. Según el diseño mecánico se utilizarán los siguientes actuadores:

Componente	Cantidad	Corriente (A)	Tensión (V)
Motor clr9254	2	0.26	24
Motor clr7850	1	0.3	24
Motor DOGA319	1	3	24
Servo S0213mg	4	0.25	5

Tabla 4-4: Actuadores eléctricos

Una vez enlistados los diferentes actuadores y sus diferentes características, se debe proceder a su manipulación. En las especificaciones se plantea el uso de un microcontrolador PIC para esta tarea, pero debido a que este componente no tiene la capacidad para producir todas las señales que se especifican en la tabla, se debe crear un circuito electrónico con componentes que lo auxilien.

Para realizar el diseño del circuito electrónico, se utilizó el programa *Proteus* desarrollado por *Labcenter Electronics* el cual consiste en una compilación de programas de diseño y

simulación electrónica y consta de programas principales, *Isis* y *Ares*. El primero se utiliza para diseñar los circuitos electrónicos con todos sus diferentes componentes, además permite realizar simulaciones en tiempo real. Ares, el segundo, es una herramienta con la que se dimensionan los componentes físicamente y se realizan las pistas que conectan unos con otros, dando como resultado las placas de circuito impreso.

De nuevo, debido a las especificaciones de diseño, el Koalabot debe de ser controlado con un control remoto, por lo que se requiere diseñar un segundo circuito que debe de comunicarse con el primero. Para diferenciar uno del otro se les nombra:

- Tarjeta madre
- Control remoto

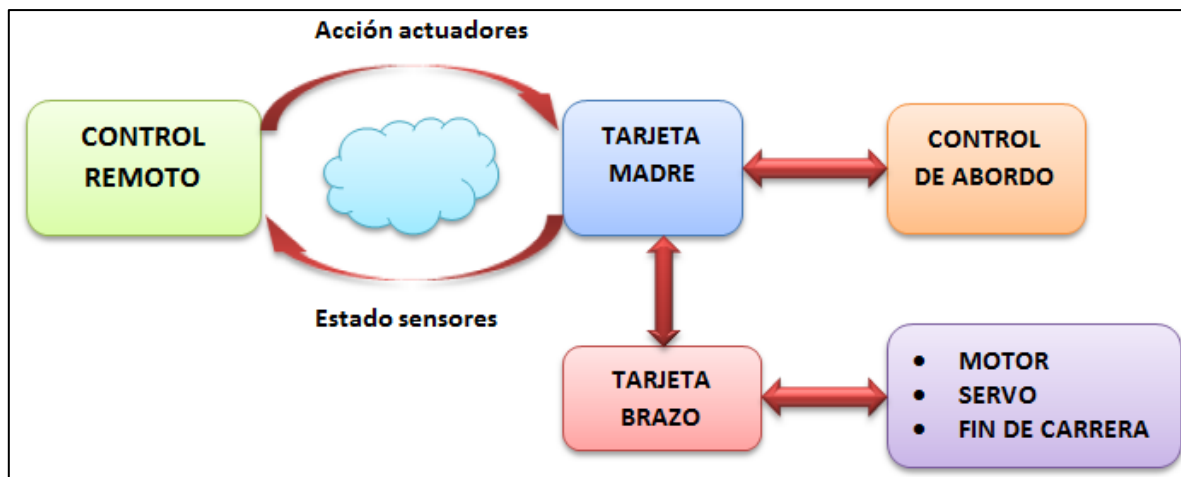


Figura 4-35: Interacción tarjetas electrónicas

#### 4.2.1. TARJETA MADRE

La tarjeta madre es el circuito electrónico que está a bordo del Koalabot, su tarea es controlar los cuatro motores de corriente continua, los cuatro servomotores, interpretar la señal de todos los sensores y mantener una comunicación con el control remoto.

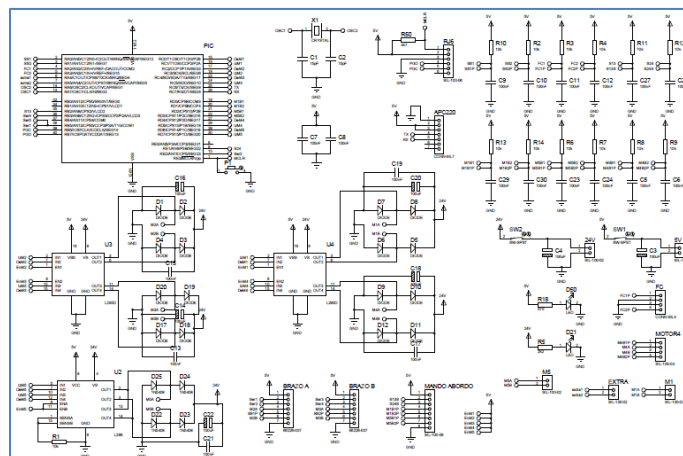


Figura 4-36: Esquema tarjeta madre



Para realizar estas tareas la tarjeta madre dispone de los siguientes componentes principales:

### ***Microcontrolador***

El microcontrolador es el componente encargado de controlar los demás elementos del circuito, en este caso se utiliza un PIC16F1939 de la marca Microchip de 40 patas, las cuales se utilizan como entradas o salidas digitales, generadores de señal PWM o entradas de señal de reloj. Se ha seleccionado este PIC porque tiene la capacidad de generar varias señales PWM con el módulo CCP que se utilizarán para controlar los servomotores, además por la gran número patas multipropósito que se utilizaran para controlar los puentes H o para leer las señales de los pulsadores y finales de carrera, finalmente es importante que cuente con un módulo USART para la comunicación por radio.

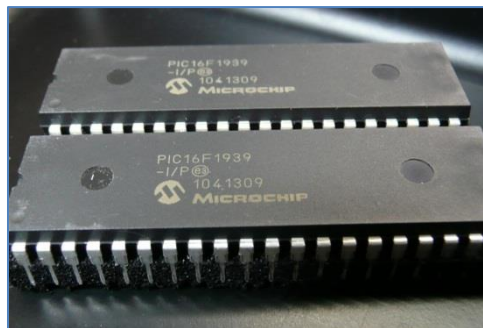


Figura 4-37: PIC1939

### ***Puente H***

Los puentes H son circuitos integrados que permiten a los motores de corriente continua moverse en ambos sentidos, consisten en un grupo de transistores que se abren de forma sincronizada para crear un circuito que deje pasar la corriente en un sentido o el otro.

En este caso se seleccionaron dos tipos de puentes el L293B que contiene 4 transistores y tiene la capacidad soportar un amperio por cada uno de ellos. El segundo es un L298 que también contiene 4 transistores pero con la capacidad de soportar 4 amperios por cada uno de ellos, además se le puede adaptar un disipador de calor.

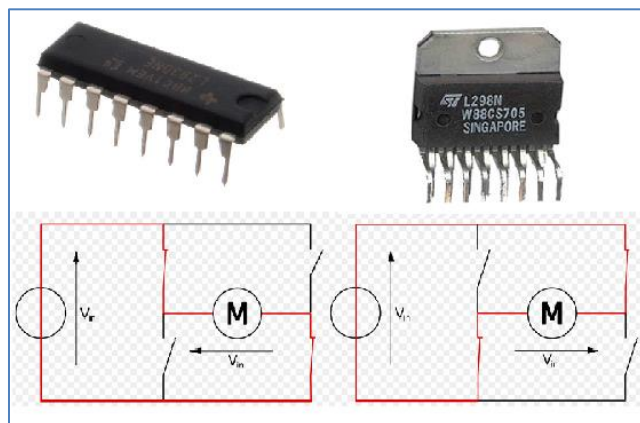


Figura 4-38: Puente H



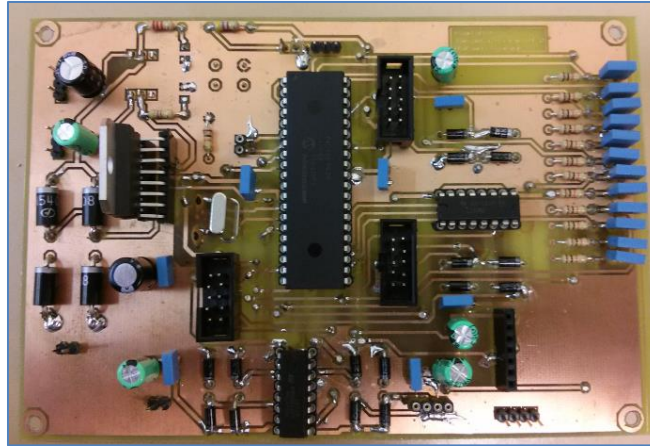


Figura 4-39: Tarjeta madre

### ***Control de abordó***

El control de abordó se utiliza para que el usuario pueda activar funciones básicas del Koalabot sin necesidad del control remoto. Está formado por una placa de circuito electrónico que contiene serie de pulsadores, un LED y un conector IDC10 con el que se conecta a la placa de la tarjeta madre.

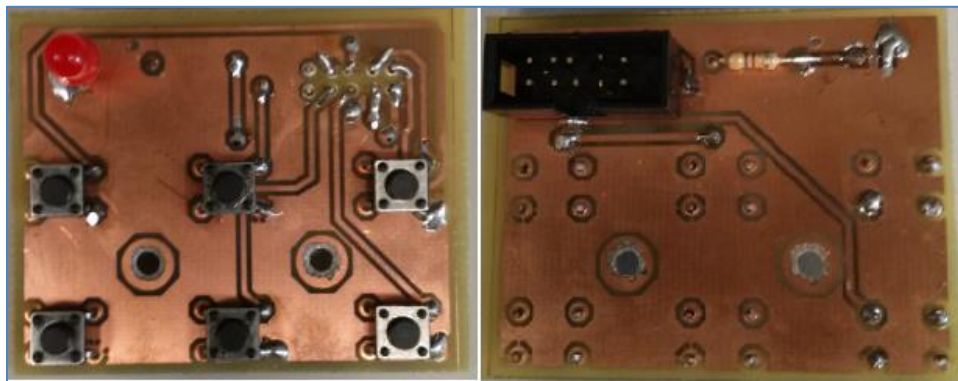


Figura 4-40: Control de abordó

### ***Finales de carrera***

Los finales de carrera son interruptores con una palanca los cuales cierran o abren un circuito cuando son accionados y regresan a su estado natural cuando se sueltan. En este caso se utilizan 4, dos para determinar el fin de la carrera del sistema de posicionamiento giratorio y otros dos detectar si existe una banderola dentro del sistema de sujeción de banderolas.

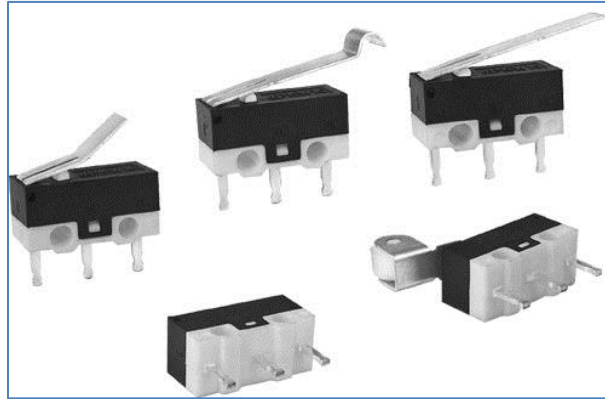


Figura 4-41: Final de carrera

### ***Módulo de radio***

El módulo de radio es un dispositivo que recibe una señal, la codifica y la envía en una frecuencia de radio para que la reciba un receptor. En este caso se utiliza el APC220 de Appcon Technologies que es un módulo semi-dúplex, lo que quiere decir que solo puede mandar o recibir información pero no ambas cosas a la vez. Además trabaja a frecuencias entre 418MHz y 455MHz, pudiendo utilizar más de 100 canales y con un alcance aproximado de 1000 metros.



Figura 4-42: Apc220

### **4.2.2. CONTROL REMOTO**

El control remoto es el circuito electrónico que se encuentra dentro del mando que utiliza el usuario del Koalabot, básicamente captura las instrucciones mediante pulsadores, informa al usuario de ciertos eventos mediante unos LEDs y se comunica con el circuito de la tarjeta madre mediante un módulo de radio.

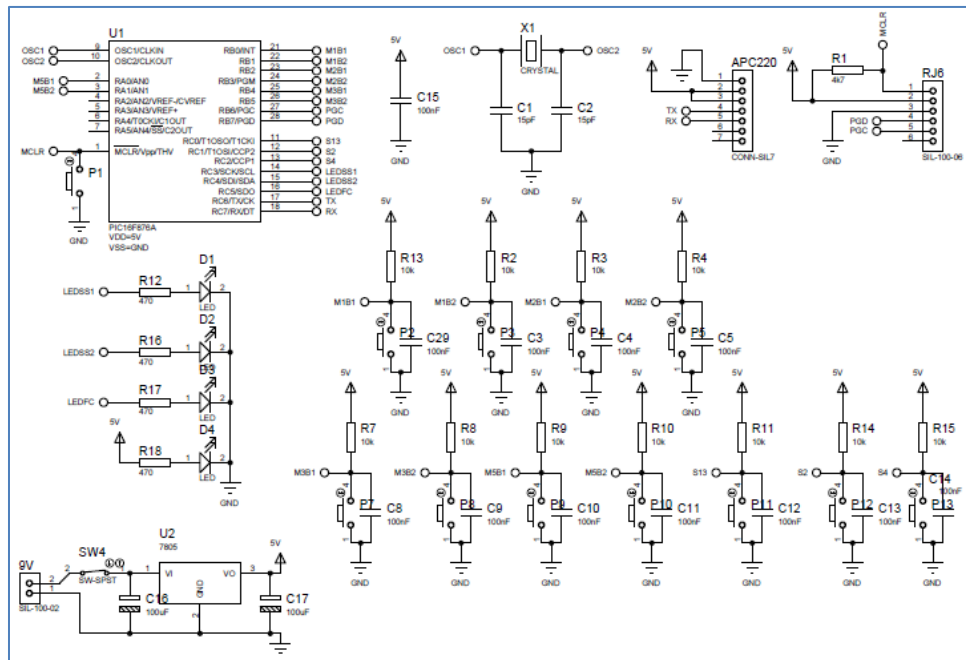


Figura 4-43: Esquema tarjeta control remoto

Para realizar estas tareas el circuito dispone de los siguientes componentes principales:

### Microcontrolador

El microcontrolador es el dispositivo encargado de controlar los demás elementos del circuito, en este caso se ha seleccionado el PIC16F876A de la marca Microchip de 28 patas. Se utiliza este microcontrolador por su reducido tamaño y precio razonable ya que solamente es necesario el módulo USART para la comunicación por radio y unas cuantas patas de multipropósito digital para los pulsadores y LEDs.

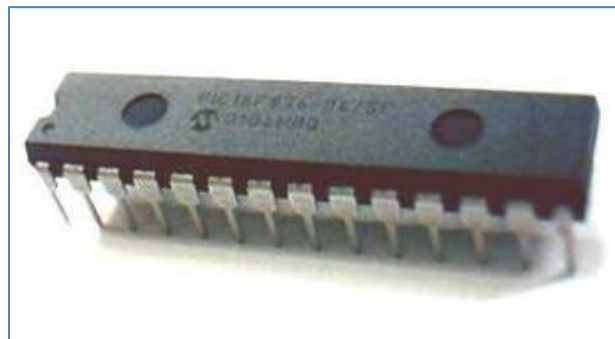


Figura 4-44: PIC16F876a

### Pulsadores y LEDs

En lo que respecta al circuito, los pulsadores y los LEDs son sus sensores y actuadores. Los pulsadores representan los sensores, interruptores que al ser oprimidos cierran el circuito y al soltarlo lo vuelven a abrir, están conectados al PIC de tal forma que cuando

están sueltos la patilla de este recibe una señal de 5 voltios y al presionarlo la aterriza a masa por lo que la señal que se obtiene en la patilla es de 0 voltios.

Los LEDs, que representan a los actuadores, son componentes que al recibir una señal digital del PIC se iluminan informando al usuario de un evento.

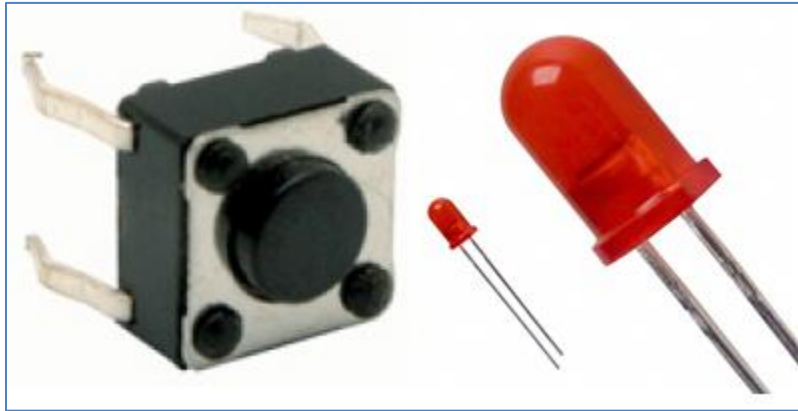


Figura 4-45: Pulsador y LED

### ***Módulo de radio***

Al igual que en el circuito de la tarjeta madre, se utiliza el mismo módulo APC220 de Appcon Technologies el cual se programa de la misma manera para que transmitan a misma frecuencia y puedan comunicarse entre sí. Para que los dos módulos de radio se comuniquen correctamente deben ser configurados previamente. Para esto se utiliza un dispositivo que permite conectarlos a un PC con el programa *RF-Magic* que consiste en una sencilla ventana donde se permite hacer cambios en parámetros como la frecuencia o la velocidad de la señal que se transmite.



Figura 4-46: RF-Magic

### ***Regulador de tensión***

La familia de reguladores 78xx de tensión positiva, en este caso se utiliza el 7805 que tiene la capacidad de entregar 5V siempre y cuando reciba una tensión superior a 7V e inferior a 35V y 1A de corriente. Tiene tres patillas, tensión de entrada, tensión de salida y masa.

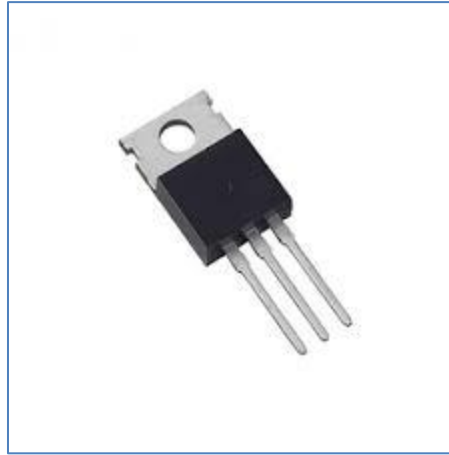


Figura 4-47: Regulador de tensión 7805

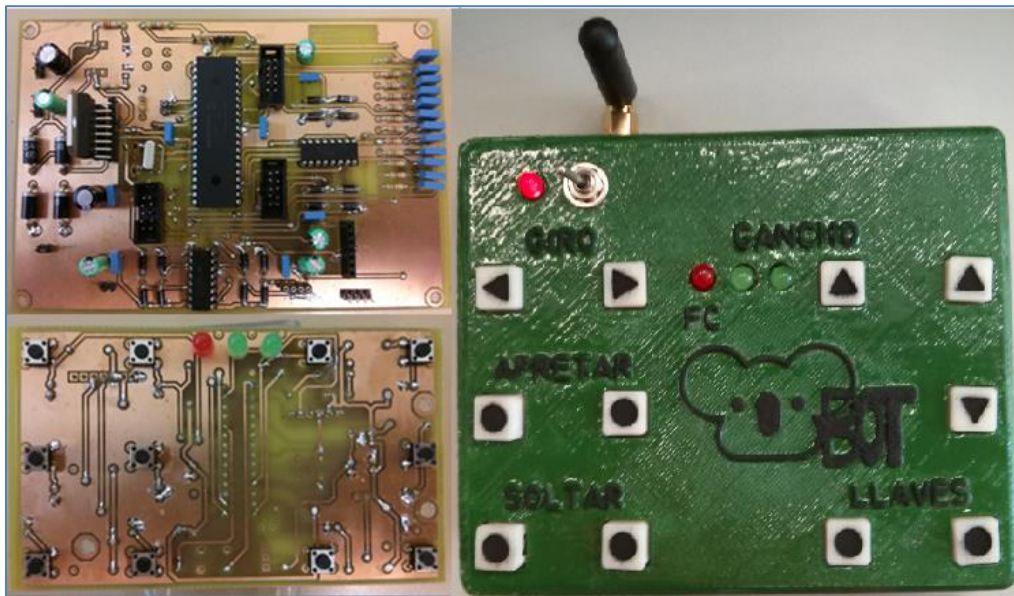


Figura 4-48: Control remoto

### 4.3. Diseño de software

El software es un programa escrito en lenguaje “C” el cual es utilizado para crear una serie de instrucciones las cuales son interpretadas por un compilador, el cual lo traduce a un lenguaje de menor nivel para posteriormente ser escritas dentro un microcontrolador el cual ejecuta las instrucciones según los eventos a los que se somete. Para realizar estas tareas se escribe el programa en *MPLAB*, el cual es un programa editor de programas, una vez escrito correctamente se compila utilizando el programa compilador *CCS*. Utilizando un

dispositivo programador, en este caso el *PICKIT3*, se conecta el ordenador al PIC y se vuelca el programa.

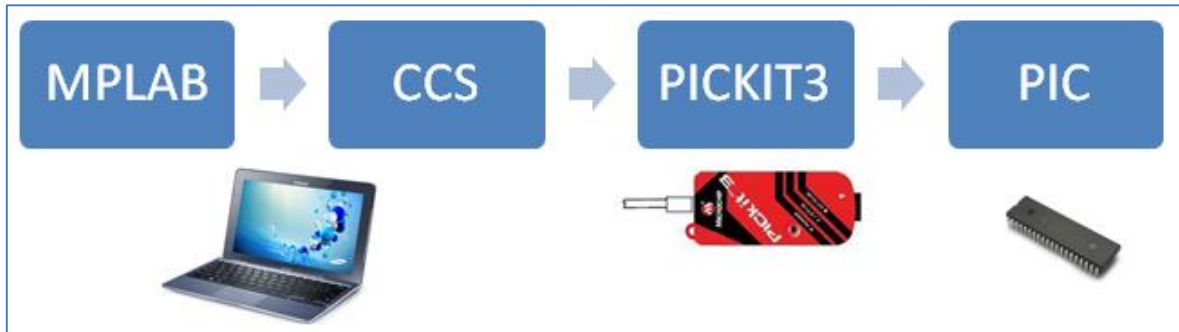


Figura 4-49: Proceso de programación

Según las especificaciones indicadas, el programa debe contener instrucciones para para que el PIC sea capaz de recibir y/o enviar los siguientes tipos de señales:

- Señales digitales
- Señales PWM
- Señales de protocolo RS232

Ya que son dos PICs, se debe escribir dos programas, cada uno llevará el mismo nombre de la tarjeta electrónica al que pertenece.

#### **4.3.1. DESARROLLO DE LOS PROGRAMAS**

En ambos circuitos, la tarjeta madre y control remoto, se gobiernan diferentes elementos electrónicos:

- Puentes H
- Pulsadores
- LEDs
- Servomotores
- Módulo de radio

##### ***Puentes H LEDs y pulsadores***

Tanto los puentes H, LEDs y pulsadores utilizan señales digitales, los primeros dos se utilizan configurando las terminales del PIC como salidas digitales y los últimos como entradas digitales. El primer paso para configurar los puertos como digitales y si son entradas o salidas es escribir la instrucción de configuración:

```
set_tris_X(0b#####);
```



Donde X corresponde al nombre del puerto y los # corresponde a las patas del puerto en orden decreciente, si se coloca un 1 la pata es una entrada de señal y si se coloca un 0 la pata es una salida de señal.

Para utilizar salidas digitales se utiliza la instrucción:

```
output_bit(PIN_X,#);
```

Donde X corresponde pin específico y el # corresponde al estado de la señal, si se coloca un 1 la señal estará en estado alto y si se coloca un 0 la señal estará en estado bajo.

### ***Servomotores***

Los servomotores de radio control son componentes que se controlan con señales PWM, las cuales son ondas cuadradas que con un periodo de ciclo definido, variando el *duty* de la señal modifica el tiempo en que la señal está en alto o bajo dentro del periodo.

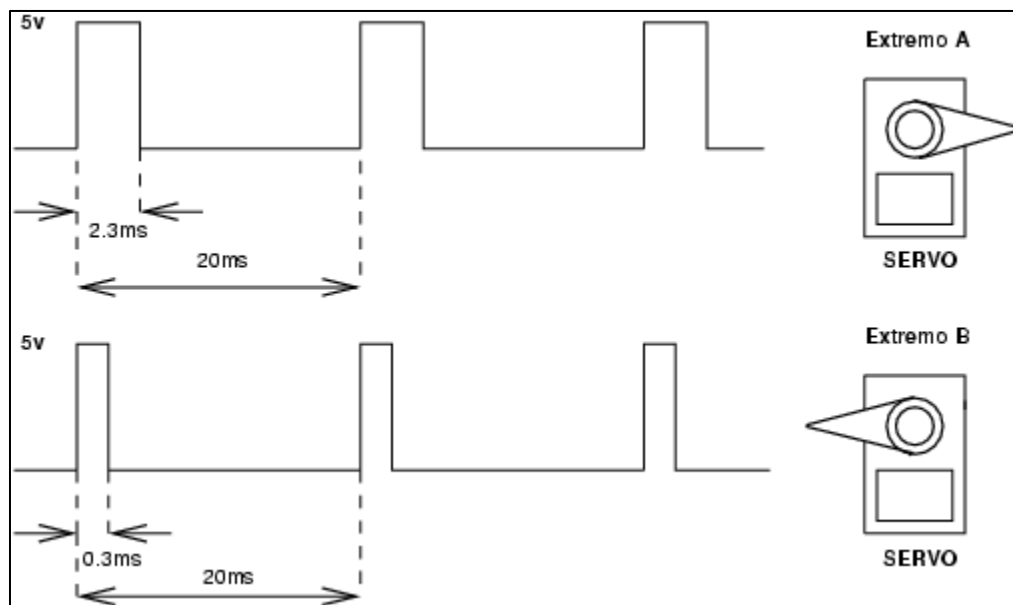


Figura 4-50: Señal PWM

En este caso se utilizan los módulos CCP del PIC que configura el *Timer2* para contar el tiempo de los ciclos. Para configurar la señal PWM se inicia con la instrucción de inicialización:

```
setup_ccpX(CCP_PWM|CCP_TIMER2);
```

Donde la X corresponde al módulo que se configura, para este PIC puede ser del 1 al 5. Una vez se inicializa el módulo empezará a enviar la señal indefinidamente hasta que se cambien el valor del *duty* con la instrucción:

```
set_pwmX_duty(Y);
```

Donde X corresponde al módulo que se configura y la Y corresponde al valor que se quiere asignar al *duty*, el cual debe ser un valor en número enteros.

### Señales de protocolo RS232

Como se mencionó en capítulos anteriores, para comunicar los dos microcontroladores, se ha utilizado un módulo de radio el cual es capaz de enviar y recoger señales. Físicamente el módulo se conecta al PIC a través de los puertos asignados para comunicación USART TX y RX que en este caso corresponde a las pines C6 y C7.

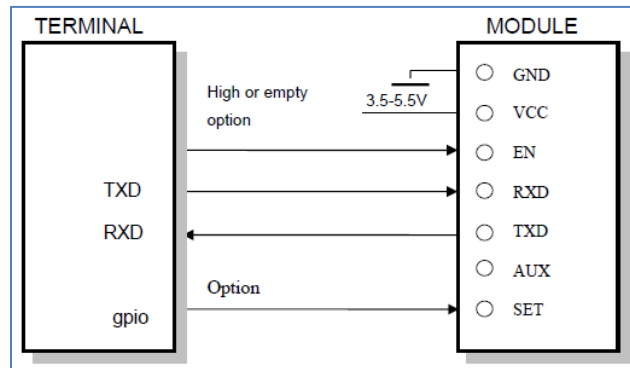


Figura 4-51: Conexión PIC-Módulo de radio

A pesar que los terminales de transmisión y el de recepción son distintos el tipo de comunicación no es *Full-Duplex*. Debido al módulo de radio y al protocolo, la comunicación debe ser *Half-Duplex*, esto quiere decir los microcontroladores deben sincronizar de tal modo que cuando uno esté transmitiendo datos el otro esté en modo receptor y viceversa.

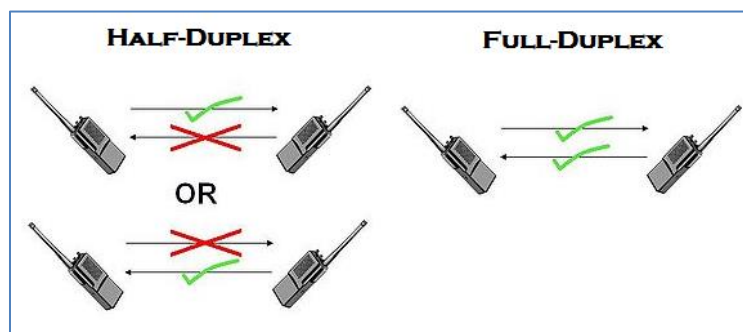


Figura 4-52: Half-Duplex Full-Duplex

Para resolver este inconveniente en el programa se diseña un protocolo donde un PIC es maestro y el otro es un esclavo, lo que quiere decir que un PIC manda una señal con un fin de mensaje y el otro está normalmente en estado de receptor y al recibir la señal con el fin de mensaje, lo procesa, manda la señal con su mensaje y regresa al estado de receptor hasta recibir nuevamente la señal.



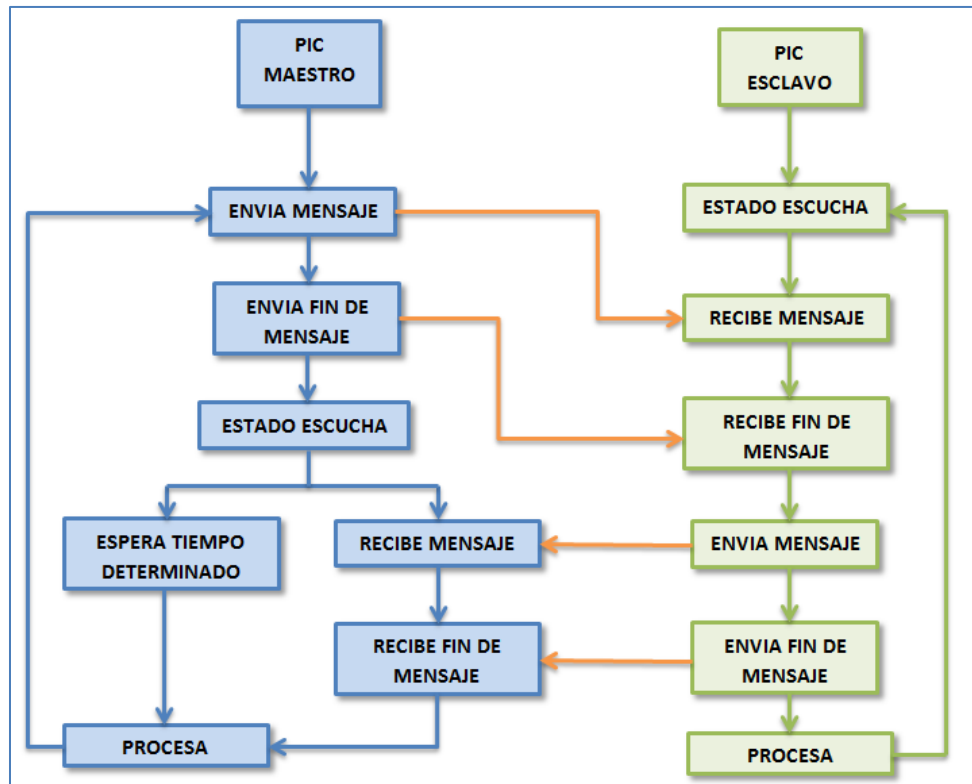


Figura 4-53: Diagrama PIC maestro/PIC esclavo

Para poder realizar una comunicación ordenada y no se pierdan o pisen datos se diseña dos tablas de variables que se encuentran en ambos PICs, una tabla contiene las variables que solo puede modificar el PIC maestro y el esclavo solo las lee y la otra tabla con las variables que escribe el esclavo y lee el maestro.

Las tablas se componen de una celda por cada una de las variables más una final donde se envía la señal de fin de mensaje. Se utilizan variables de un bit, esto quiere decir que solo pueden tener dos valores posibles, 0 o 1. Y a cada uno de estos estados de cada una de las variables se le asigna un carácter, de esta forma siempre se conoce cuál es la posición que debe ocupar siempre cada carácter dentro de la tabla.

	Posible valor	
<b>Variable 1</b>	a	b
<b>Variable 2</b>	c	d
<b>Fin de mensaje</b>	z	

Tabla 4-5: Ejemplo tabla de comunicación

Ahora que se tiene un sistema de tablas definido que se envía desde el PIC maestro, se necesita un código que para que el esclavo recoja el mensaje, lo guarde y actúe acorde a él. Esto es un proceso delicado ya que pueden suceder un sin número de situaciones que pueden distorsionar las instrucciones.

Para utilizar el protocolo RS232 previamente se debe configurar dentro del programa “.h” algunos aspectos como la frecuencia del oscilador o los baudios. Además se debe habilitar

la interrupción que actúa cada vez que entra una señal por el receptor. Para estos se escribe la instrucción:

```
enable_interrupts(INT_RDA); //se inician las interrupciones para RS232
```

Una vez se tiene la interrupción lista se debe, tener en cuenta que está se lanzará con cualquier dato que se reciba, no importa si es el principio, el medio o el final del mensaje. Para resolver esto, se toma el carácter que entra por el receptor y se compara con la primera variable de la tabla, si no es uno de los posibles valores se descarta y se sale de la interrupción. Si al saltar la interrupción el dato coincide con uno de los posibles valores se inicia un bucle donde se toman los valores que se reciben y se almacenan en la tabla hasta llenarla. Al final se apaga la interrupción del receptor para que el esclavo pueda enviar su mensaje sin que lo interrumpan y una vez enviado vuelve a activarla para regresar al modo receptor.

```
#int_RDA
void RDA_isr(void)
{
    dato=getc(); //a la variable dato se le el carácter que entra
    if((dato=='a')||(dato=='b')) //Se espera a que dato sea a o b
    {
        inicio=1; //inicio vale 1 para que se empiece a
                  almacenar los datos en la tabla
    }
    if((inicio==1)&(dato!='.'))
    {
        _tabla[cont]=dato; //se almacenan los 12 caracteres en la
                           tabla descartando el "." ya es el
                           carácter que corresponde a todo 0.
                           Cuando la tabla está llena se apaga la
                           interrupción para evitar problemas.

        cont++;
        if (cont==12)
        {
            cont=inicio=0;
            disable_interrupts(INT_RDA);
        }
    }
}
```

## 5. ANEXO I: PLANOS Y DIAGRAMAS

Los planos y diagramas son el resultado de los diseños, son el medio por el cual se transforma una idea a un elemento real. Al igual que en el diseño cada una de las tres ramas principales tiene su propios planos o diagramas específicos, mientras que para representar los diseños mecánicos se utilizan planos de las diferentes piezas y se hace énfasis en las dimensiones y tolerancias, en los diagramas electrónicos se indican las conexiones entre los diferentes componentes y se realizan plantillas para la fabricación de las placas donde se sueldan los circuitos. Finalmente los diagramas que corresponden al software son los programas escritos en código C.

### 5.1. Planos mecánicos

Todos los planos mecánicos están presentados en hojas tamaño DIN A4 y se encuentran nombrados en sus cajetines con información necesaria para fabricar la pieza en el taller de la universidad. Se encuentran ordenados por ensambles y sub ensambles donde se detalla casa una de las piezas. Debido a que es imposible obtener medidas exactas en el momento de fabricar las piezas se utilizan tolerancias las cuales tan regidas por la norma DIN ISO 2768.

Tolerancias generales en mm según DIN ISO 2768 T1									
(También DIN 7168)									
Medida nominal en [mm]	Tolerancias de aplicación en acotación de medidas de longitud, [mm]				Medida nominal en [mm]	Tolerancias de aplicación en acotación de radios de redondeo, [mm]			
	<i>f</i> <i>fino</i>	<i>m</i> <i>medio</i>	<i>c</i> <i>basto</i>	<i>v</i> <i>muy basto</i>		<i>f</i> <i>fino</i>	<i>m</i> <i>medio</i>	<i>c</i> <i>basto</i>	<i>v</i> <i>muy basto</i>
> 0,5 - 3	± 0,05	± 0,1	± 0,2	-	> 0,5 - 3	± 0,2	± 0,2	± 0,4	± 0,4
> 3 - 6	± 0,05	± 0,1	± 0,3	± 0,5	> 3 - 6	± 0,5	± 0,5	± 1	± 1
> 6 - 30	± 0,1	± 0,2	± 0,5	± 1	> 6	± 1	± 1	± 2	± 2
> 30 - 120	± 0,15	± 0,3	± 0,8	± 1,5	Medida nominal en [mm] (*)	Tolerancias de aplicación en acotación de ángulos, [°] (grados sexagesimales)			
> 120 - 400	± 0,2	± 0,5	± 1,2	± 2,5		<i>f</i> <i>fino</i>	<i>m</i> <i>medio</i>	<i>c</i> <i>basto</i>	<i>v</i> <i>muy basto</i>
> 400 - 1000	± 0,3	± 0,8	± 2	± 4		± 1°	± 1°	± 1°30'	± 3°
> 1000 - 2000	± 0,5	± 1,2	± 3	± 6		>10 - 50	± 0°30'	± 0°30'	± 1°
> 2000 - 4000	-	± 2,0	± 4	± 8		> 50 - 120	± 0°20'	± 0°20'	± 0°30'
						> 120-400	± 0°10'	± 0°10'	± 0°15'
						> 400	± 0°5'	± 0°5'	± 0°10'

Figura 5-54: Norma DIN ISO 2768

A continuación se presenta un índice de los planos mecánicos:

*Proyecto Koalabot/Planos/Mecánicos/*

<b>N° de plano</b>	<b>Plano</b>
1	Despiece ensamble completo
2	Casquillo bisagra inferior
3	Tope bisagra
4	Despiece sistema carro Y
5	Perfil aluminio 30x30
6	Separador barra Y
7	Soporte barra Y
8	Barra 8x108
9	Carro Y
10	Tapa carro Y
11	Alza separador barra Y
12	Placa carro Y
13	Despiece sistema de sujeción de tornillos
14	Soporte embrague
15	Eje embrague
16	Unión motor embrague
17	Polea 48 dientes t2.5
18	Barra 8x200
19	Polea 16 dientes t2.5
20	Soporte rodamiento lineal superior
21	Soporte rodamiento lineal inferior
22	Tope leva
23	Soporte servo tornillo
24	Leva tornillo
25	Despiece sistema de sujeción de banderolas
26	Gancho
27	Soporte servo guía
28	Palanca empuje servo
29	Sistema de movimiento circular
30	Despiece ensamble guía
31	Guía circular
32	Tirante superior
33	Escuadra
34	Tirante inferior
35	Guía para correa
36	Tirador correa
37	Eje soporte rodamiento
38	Anillo rodillo guía especial
39	Anillo rodillo guía
40	Casquillo rodamiento
41	Despiece ensamble carro

42	Carro
43	Base rodamientos
44	Casquillo carro
45	Rodillo
46	Soporte grapa
47	Grapa
48	Despiece mecanismo de movimiento
49	Soporte rodamientos
50	Soporte rodamientos motor
51	Soporte rodamiento inferior
52	Soporte rodamiento superior
53	Casquillo bisagra superior
54	Despiece ensamble eje polea
55	Eje polea
56	Engranaje 40 dientes
57	Polea 18 dientes t5
58	Despiece eje sistema giratorio
59	Eje engranaje
60	Engranaje 26 dientes
61	Rueda tornillo sin fin 40 dientes
62	Despiece soporte motor mecanismo de movimiento
63	Unión soporte motor
64	Soporte motor giro
65	Eje tornillo sin fin

**Tabla 5-6: Índice planos mecánicos**

*Se adjuntan los planos en el archivo de complemento.*

## **5.2. Diagramas electrónicos**

Al igual que con los planos mecánicos, los diagramas electrónicos sirven como guía para poder elaborar físicamente los circuitos electrónicos. En la electrónica existen dos planos tipos de diagramas diferentes, el esquemático donde se simbolizan cada uno de los componentes y las conexiones entre ellos. Y los planos de PCB que se utilizan para la creación de las placas recubiertas de cobre que formarán las pistas con las que se conectan los diferentes componentes.

*A continuación se presentan los planos y diagramas, todos se encuentran fuera de escala. Para consultas más específicas, consultar los planos en el archivo adjunto.*  
*Proyecto Koalabot/Planos/Electrónicos/*

### **5.2.1. ESQUEMAS ELÉCTRICOS**

<b>N° de plano</b>	<b>Plano</b>
1	Tarjeta madre V2.0
2	Control remoto
3	Mando de abordó
4	Tarjeta brazo

**Tabla 5-7: Esquemas eléctricos**

### **5.2.2. PLANOS DE PCB**

<b>N° de plano</b>	<b>Plano</b>
1	Tarjeta madre Top
2	Tarjeta madre Bottom
3	Control remoto Top
4	Control remoto Bottom
5	Mando de abordó Top
6	Mando de abordó Bottom
7	Tarjeta brazo

**Tabla 5-8: Planos de PCB**

### **5.3. Programa de software**

El programa de software es un código en lenguaje C, se divide en dos, el correspondiente al PIC de la tarjeta madre y el que corresponde al PIC del control remoto. Cada uno está debidamente comentado para poder interpretarse y se encuentran en el archivo adjunto.

*Proyecto Koalabot/Software/*

## 6. ANEXO II: ELEMENTOS COMERCILES

### 6.1. Elementos mecánicos

Pieza	Código fabricante	Unidades	Precio	Suma
Polea t5 18 dientes	27T5/18.2	2	14.82 €	29.64 €
Polea t2.5 16 dientes	16T2.5/16.2	1	11.38 €	11.38 €
Polea t2.5 48 dientes	16T2.5/48.0	1	15.16 €	15.16 €
Correa t2.5 73 dientes	6 / T2.5 / 182.5 SS	1	3.62 €	3.62 €
Correa t5 ancho 6mm (metros)		3	5.39 €	16.18 €
Engranaje 40 dientes módulo 1.0	SS10/40B	2	10.63 €	21.26 €
Engranaje 26 dientes módulo 1.0	SS10/26B	1	8.13 €	8.13 €
Rueda tornillo sin fin 0.8 40 dientes	BWW08/40/1R	1	24.00 €	24.00 €
Tornillo sin fin 0.8 arranque 1	SWB08/1R	1	10.46 €	10.46 €
Embrague	2609258968	2	15.80 €	31.60 €
Rodamiento LM8UU	LM8UU	6	1.13 €	6.78 €
Rodamiento 6000	618-9991	11	1.88 €	20.68 €
Rodamiento 618/8		2	5.50 €	11.00 €
Rodamiento 6001	619-0193	3	2.26 €	6.78 €
Rodamiento 624	286-7805	10	4.40 €	44.00 €
Gedore 673k	673K	2	9.80 €	19.60 €
Motor clr 9254	9254	2	42.20 €	84.40 €
Motor clr 7850	7850	1	64.10 €	64.10 €
Servo s0213mg	s0213mg	4	13.89 €	55.56 €
Motor Doga	319.3822.30.00	1	235.00 €	235.00 €
<b>Total</b>				719.33 €

Tabla 6-9: Elementos comerciales mecánicos

### 6.2. Elementos electrónicos

Tarjeta madre				
Componente	Valor	Unidades	Precio	Suma
PIC16F1939P		1	2.74 €	2.74 €
Capacitor cerámico	15pF	2	0.33 €	0.66 €

Capacitor cerámico	100nF	19	0.12 €	2.28 €
Capacitor electrolítico	100uF	7	0.19 €	1.33 €
Cristal	2MHz	1	2.29 €	2.29 €
Diodo		20	0.03 €	0.60 €
LED		2	0.12 €	0.24 €
Resistencia	4k7	1	0.04 €	0.04 €
Resistencia	10k	13	0.04 €	0.52 €
Resistencia	2k2	1	0.04 €	0.04 €
Resistencia	470	1	0.04 €	0.04 €
L293		2	3.23 €	6.46 €
L298		1	3.14 €	3.14 €
IDC10		3	0.92 €	2.76 €
Pulsador		1	0.09 €	0.09 €
Fin de carrera		2	1.54 €	3.08 €
Interruptor		2	1.08 €	2.16 €
<b>Tarjeta control remoto</b>				
<b>Componente</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio</b>	<b>Suma</b>
PIC16F876A		1	4.68 €	4.68 €
Cristal	8MHz	1	0.40 €	0.40 €
Capacitor cerámico	100nF	14	0.12 €	1.68 €
Capacitor cerámico	15pF	2	0.33 €	0.66 €
Capacitor electro	100uF	2	0.19 €	0.38 €
Resistencia	4k7	1	0.04 €	0.04 €
Resistencia	10k	13	0.04 €	0.52 €
Resistencia	470	4	0.04 €	0.16 €
Pulsador		14	0.09 €	1.26 €
Interruptor		1	1.08 €	1.08 €
Regulador 7805		1	0.60 €	0.60 €
APC220		1	40.00 €	40.00 €
LED		4	0.12 €	0.48 €



<b>Tarjeta Mando de abordó</b>				
<b>Componente</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio</b>	<b>Suma</b>
IDC10		1	0.92 €	0.92 €
Resistencia	470	1	0.04 €	0.04 €
LED		1	0.12 €	0.12 €
Pulsador		6	0.09 €	0.54 €
<b>Tarjeta Brazo</b>				
<b>Componente</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio</b>	<b>Suma</b>
IDC10		2	0.92 €	1.84 €
Fin de carrera		2	1.54 €	3.08 €
<b>Total</b>				86.95 €

**Tabla 6-10: Elementos comerciales electrónicos (*Precios ROnline*)**

## 7. ANEXO III: ENSAMBLAJE

Una vez que se tiene a disposición todas las piezas fabricadas y todos los componentes comerciales se debe proceder al ensamblaje. Debido a que el ensamblaje contiene cientos de piezas se han agrupado en sub ensambles según los sistemas a los que se pertenece creando grupos más compactos que pueden armarse individualmente. De esta forma se agiliza la unión de los diferentes elementos.

### 7.1. Ensamblaje de primer nivel

#### 7.1.1. ENSAMBLE CARRO

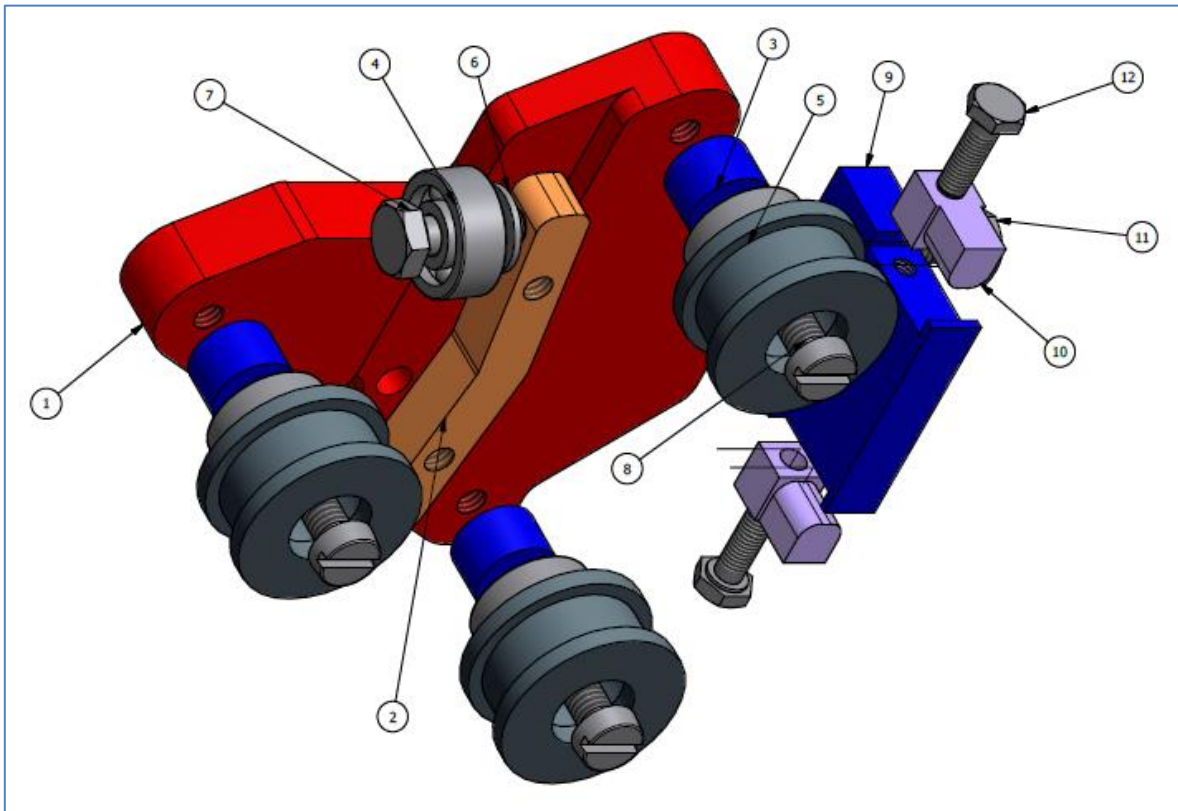


Figura 7-55: Ensamble carro

Lista de piezas		
Globo	Cantidad	Pieza
1	1	Carro
2	1	Base rodamientos
3	3	Casquillo carro
4	5	DIN 625 SKF - SKF 624

5	3	Rodillo
6	2	ISO 7089 - 4 - 140 HV
7	2	ISO 4017 - M4 x 12
8	3	ISO 1207 - M4 x 16
9	1	Soporte de grapa
10	2	Grapa
11	2	ISO 4017 - M4 x 10
12	2	ISO 4017 - M3 x 10

Tabla 7-11: Ensamble carro

Para ensamblar el carro se empieza por introducir los rodamientos dentro de los rodillos, luego estos se atornillan al carro colocando los casquillos de por medio. Se toma la base de rodamientos y se le atornillan los dos rodamientos sobrantes y se une al carro. Finalmente se ensamble el soporte de grapa con las dos grapas y se une al carro con dos tornillos M4.

### 7.1.2. ENSAMBLE EJE POLEA

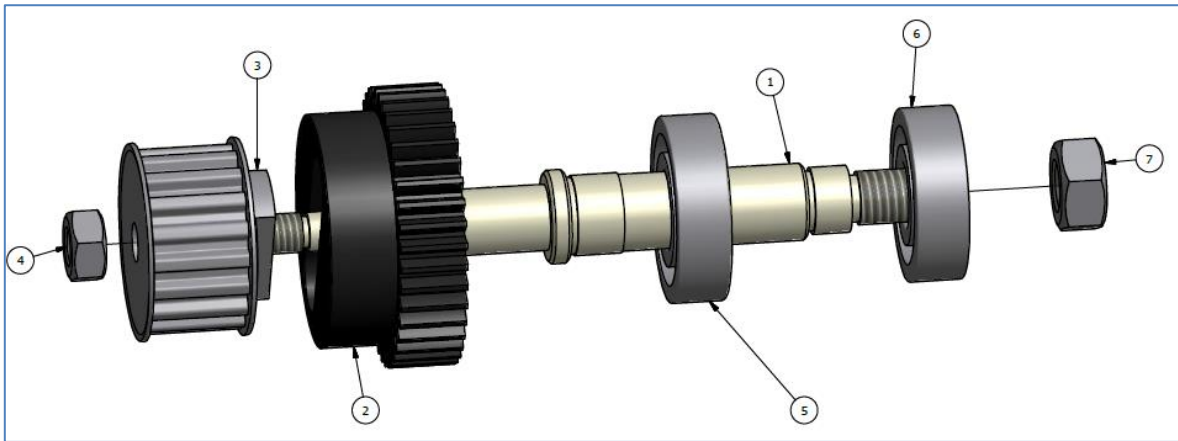


Figura 7-56: Ensamble eje polea

Lista de piezas		
Globo	Cantidad	Pieza
1	1	Eje poleas
2	1	Engranaje 40 dientes
3	1	Polea 18 dientes
4	1	ISO 4032 - M6
5	1	DIN 625 SKF - SKF 6001
6	1	DIN 625 SKF - SKF 6000
7	1	ISO 4032 - M8

Tabla 7-12: Ensamble eje polea

Se toma el eje de poleas y se introduce por la parte superior el engranaje y la polea de tal forma que la muesca de este se acople con las caras planas de la polea, finalmente se sujetan con una tuerca de M6. Por la parte inferior se introducen los rodamientos y se coloca una tuerca M8 para que este no salga por debajo.

### 7.1.3. ENSAMBLE EJE POLEA

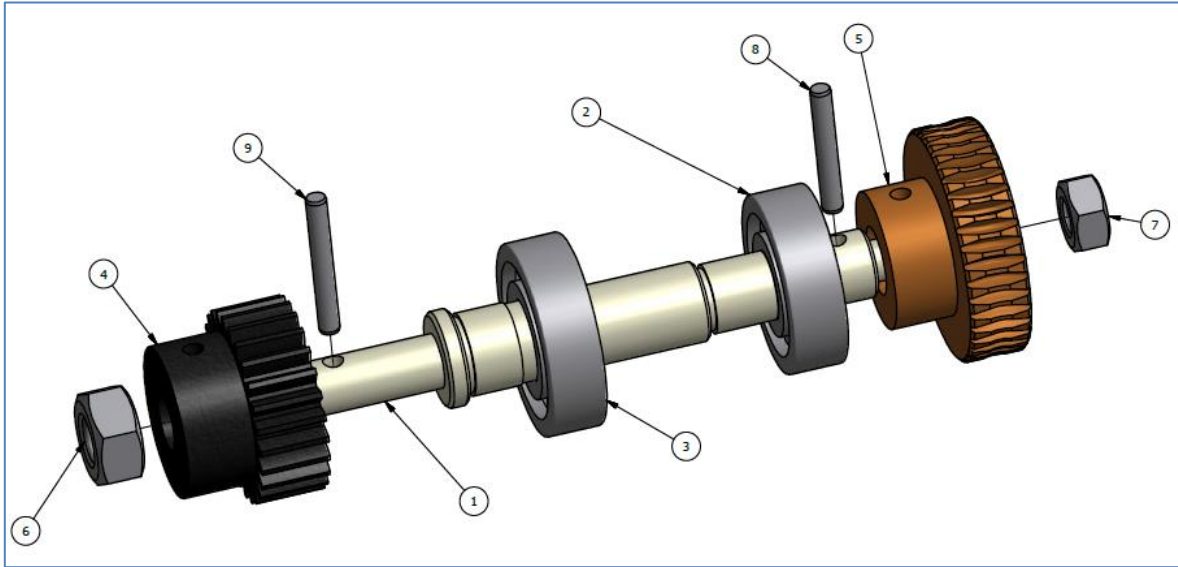


Figura 7-57: Ensamble eje sistema giratorio

Lista de piezas		
Globo	Cantidad	Pieza
1	1	Eje engranaje
2	1	DIN 625 SKF - SKF 6000
3	1	DIN 625 SKF - SKF 6001
4	1	Engranaje 26 dientes
5	1	Rueda tornillo sin fin 40 dientes
6	1	ISO 4032 - M8
7	1	ISO 4032 - M6
8	1	ISO 2338 - 3 h8 x 20 - B
9	1	ISO 2338 - 3 h8 x 22 - B

Tabla 7-13: Ensamble eje sistema giratorio

Para empezar se introduce el engranaje por la parte superior del eje y se sujeta con el pin pasador y la tuerca M8. Por la parte inferior se introducen los rodamientos hasta sus topes y se introduce la rueda del tornillo sin fin la cual se sujeta con un pin pasador y una tuerca M6.

#### 7.1.4. ENSAMBLE GUÍA

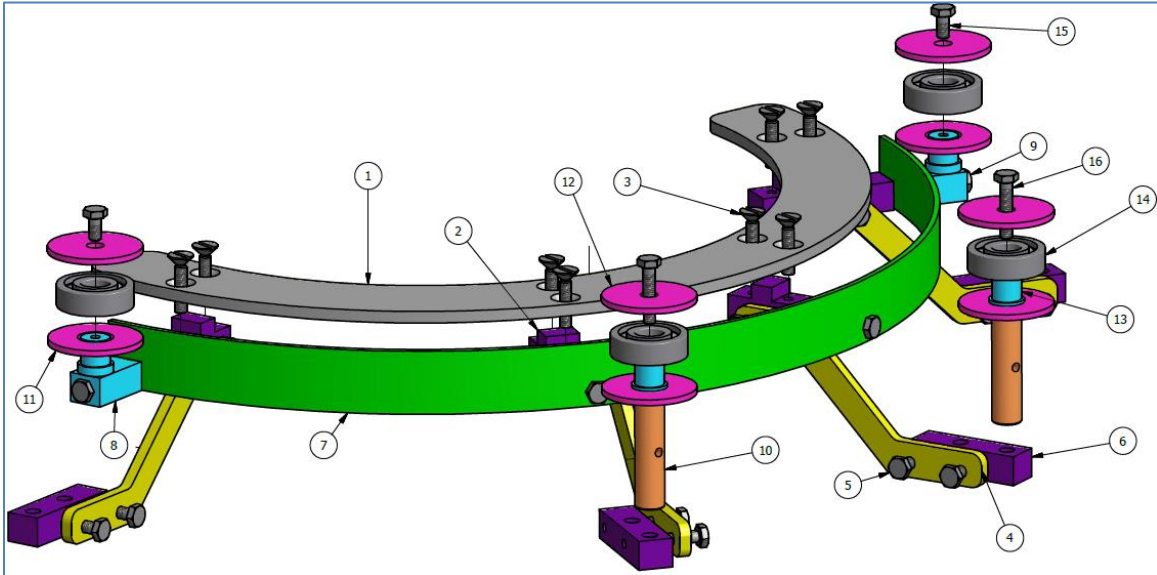


Figura 7-58: Ensamble guía

Lista de piezas		
Globo	Cantidad	Pieza
1	1	Guía circular
2	4	Tirante superior
3	8	ISO 2009 - M4 x 20
4	4	Escuadra
5	18	ISO 4017 - M4 x 16
6	4	Tirante inferior
7	1	Guía para correa
8	2	Tirador correa
9	2	ISO 4017 - M4 x 35
10	2	Eje soporte rodamientos
11	2	Anillo rodillo guía especial
12	6	Anillo rodillo guía
13	2	Casquillo rodamiento
14	4	DIN 625 SKF - SKF 6000
15	2	ISO 4017 - M4 x 8
16	2	ISO 4017 - M4 x 20

Tabla 7-14: Ensamble guía

Se toman las escuadras y se les atornillan los tirantes superiores e inferiores. Después se toma la guía circular y se le atornillan los tirantes superiores, a los cuales se les coloca la guía para la correa y los tiradores de correa. A los tirante inferiores del centro se les atornillan los ejes de soporte de rodamiento y para finalizar se ensamblan los rodamientos con los anillos de rodillo guía.

### 7.1.5. SISTEMA CARRO Y

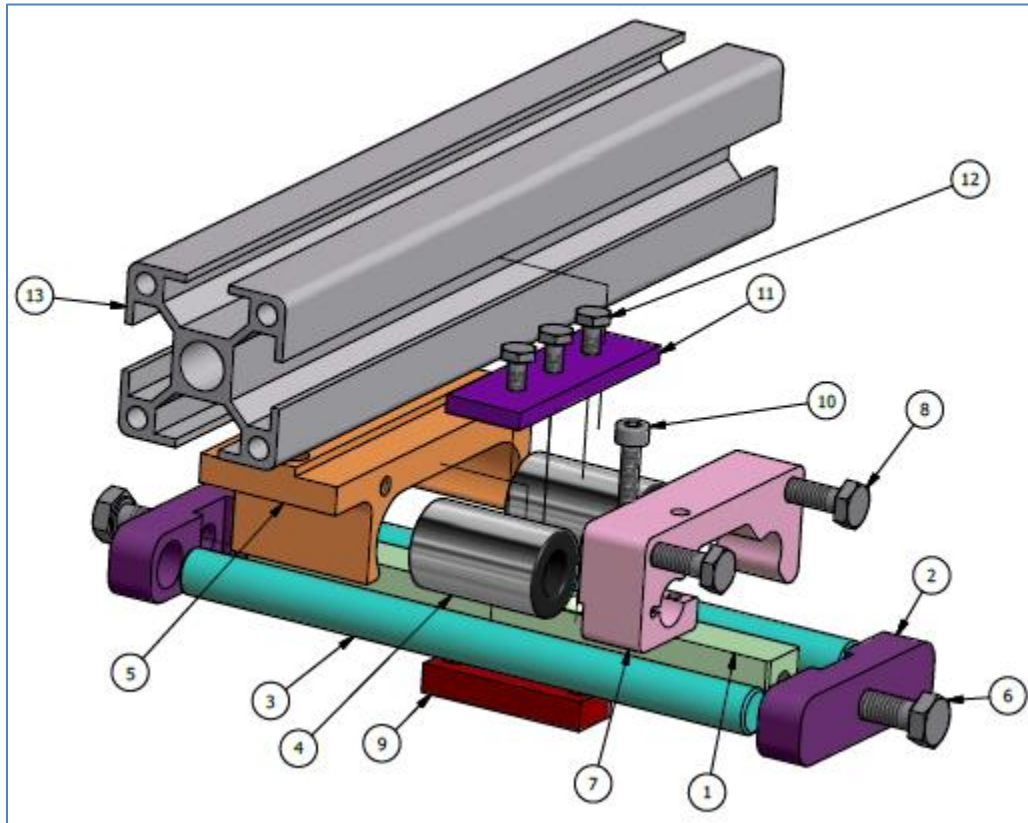


Figura 77-59: Sistema carro Y

Lista de partes		
Globo	Cantidad	Pieza
1	1	Separador barra Y
2	2	Soporte barra Y
3	2	Barra 8x108
4	2	LM8UU
5	1	Carro Y
6	2	ISO 4017 - M5 x 12
7	1	Tapa carro Y
8	2	ISO 4017 - M4 x 16
9	1	Alza separador barra Y
10	1	ISO 4762 - M3 x 20
11	1	Placa carro Y
12	3	ISO 4017 - M3 x 8
13	1	Perfil aluminio 30x30

Tabla 7-15: Sistema carro Y

Para este ensamble se toman las barras y se introducen en uno de los soportes, a continuación se meten los rodamientos, uno en cada barra. Se cubren los rodamientos con el carro y se le atornilla la tapa. Se atornilla el separador al soporte y se introduce el otro

soporte por la cara contraria. Finalmente se atornilla la placa al carro y el perfil de aluminio se desliza por ella.

#### 7.1.6. SOPORTE MOTOR MECANISMO DE MOVIMIENTO

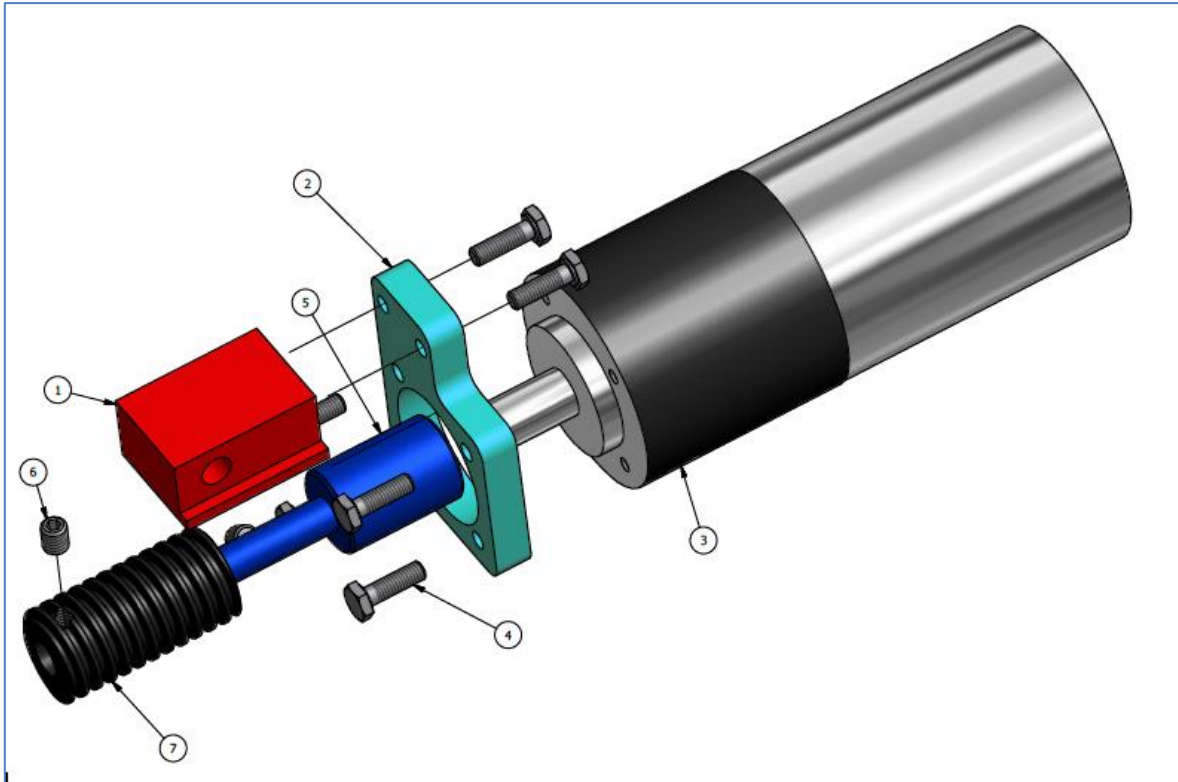


Figura 7-60: Soporte motor mecanismo de movimiento

Lista de piezas		
Globo	Cantidad	Pieza
1	1	Unión soporte motor
2	1	Soporte motor giro
3	1	Motor clr7850
4	6	ISO 4017 - M3 x 10
5	1	Eje tornillo de gusano
6	2	ISO 4026 - M4 x 5
7	1	Tornillo de gusano módulo 0.8

Tabla 7-16: Soporte motor mecanismo de movimiento

Se toma el motor y se le atornilla soporte el cual debe tener atornillado la unión, finalmente se introduce el tornillo sin fin en el eje de tornillo y este a la vez en el eje del motor, estos dos elementos se sujetan con prisioneros.







### 7.1.8. SISTEMA SUJECIÓN DE TORNILLOS

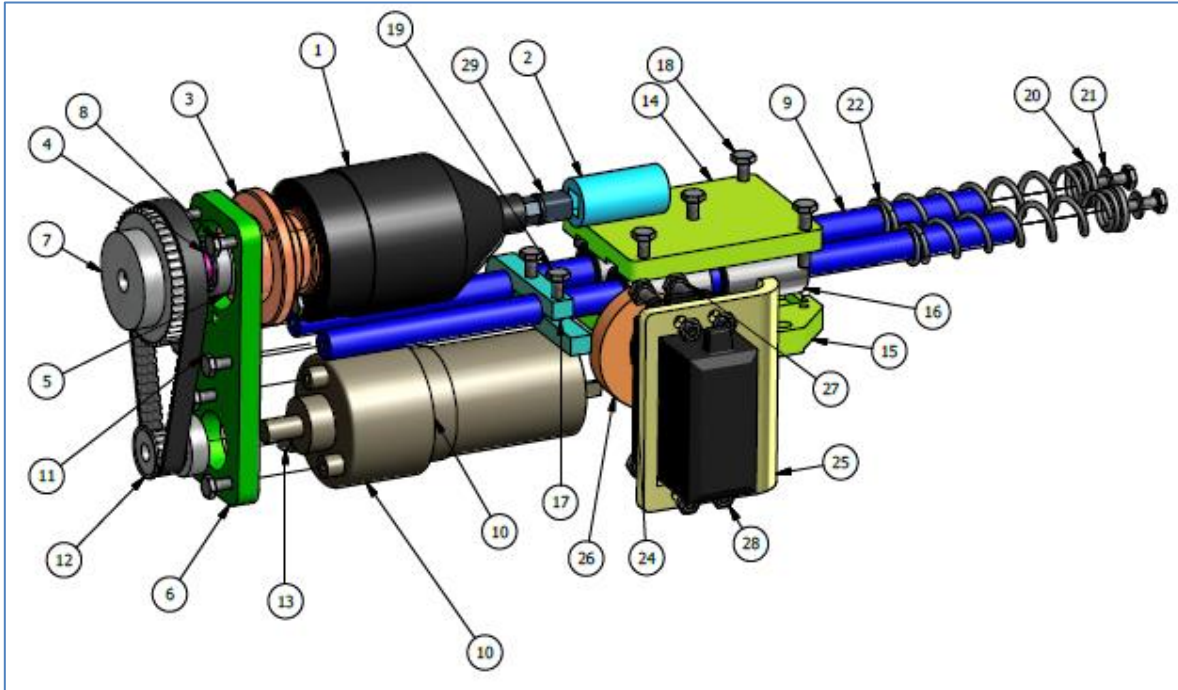


Figura 7-62: Sistema sujeción de tornillos

Lista de piezas		
Globo	Cantidad	Pieza
1	1	Embrague Bosch
2	1	Llave de vaso
3	1	Soporte embrague
4	1	Eje embrague
5	2	DIN 625 SKF - SKF 618/8
6	1	Unión motor embrague
7	1	Polea 48 dientes t2.5
8	5	ISO 4017 - M3 x 10
9	2	Barra 8x200
10	1	Motor clr9254
11	6	ISO 4017 - M3 x 8
12	1	Polea 16 dientes t2.5
13	2	ISO 4026 - M3 x 5
14	1	Soporte rodamiento lineal superior
15	1	Soporte rodamiento lineal inferior
16	4	LM8UU
17	1	Tope leva
18	5	ISO 4017 - M3 x 16
19	2	ISO 4017 - M3 x 12
20	2	ISO 7089 - 6 - 140 HV
21	2	ISO 7089 - 3 - 140 HV
22	2	Compress Spring1

23	1	Synchronous Belt
24	1	Servo S0213MG
25	1	Soporte servo tornillo
26	1	Leva tornillo 3d
27	4	ISO 4017 - M3.5 x 10
28	4	ISO 4032 - M3
29	1	Gedore 673K

**Tabla 7-18: Sistema sujeción de tornillos**

Para este ensamble se toman los rodamientos lineales y colocan dentro de los soportes de rodamientos atornillándolos uno a otro. Luego se toma el soporte de embrague, se atornilla a la unión de embrague y se le introducen los rodamientos junto con el eje de embrague al cual se le conecta en un extremo la polea de 48 dientes. En el otro extremo se conecta el embrague el adaptador Gedore y la llave de vaso.

Se toma el motor y se atornilla a la unión de embrague, en el eje de éste se coloca la polea de 16 dientes junto con la correa que debe ir conectada con las dos poleas.

Se toman las barras y se pasan por los rodamientos lineales, por el tope de leva y los muelles, en un extremo se atornillan a la unión de embrague y por el otro se atornillan unas arandelas donde se apoyan los muelles.

Finalmente se toma el servo, se atornilla a su soporte y se le coloca la leva.

## 7.2. Ensamblajes de segundo nivel

### 7.2.1. MECANISMO DE MOVIMIENTO

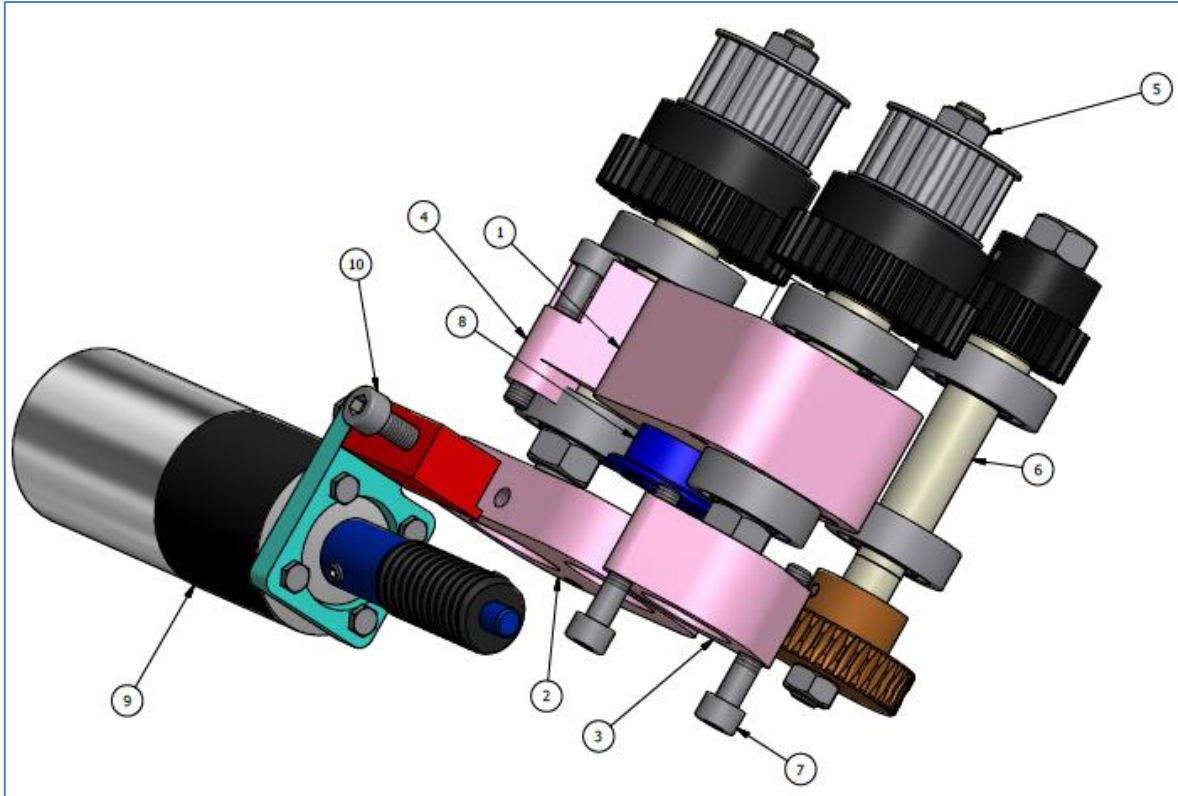


Figura 7-63: Mecanismo de movimiento

Lista de piezas		
Globo	Cantidad	Pieza
1	1	Soporte rodamientos
2	1	Soporte rodamientos motor
3	1	soporte rodamiento inferior
4	1	soporte rodamiento superior
5	2	Eje polea
6	1	Eje sistema giratorio
7	4	ISO 4762 - M5 x 30
8	1	Casquillo bisagra superior
9	1	Soporte motor mecanismo de movimiento
10	1	ISO 4762 - M5 x 25

Tabla 7-19: Mecanismo de movimiento

Para este ensamble se toman los ejes y se colocan en los soportes los cuales se atornillan entre sí, al soporte de rodamientos inferior se le atornilla el soporte con el motor haciendo que el tornillos sin fin encaje con su rueda.

### 7.3. Ensamblajes de tercer nivel

#### 7.3.1. SISTEMA DE MOVIMIENTO CIRCULAR

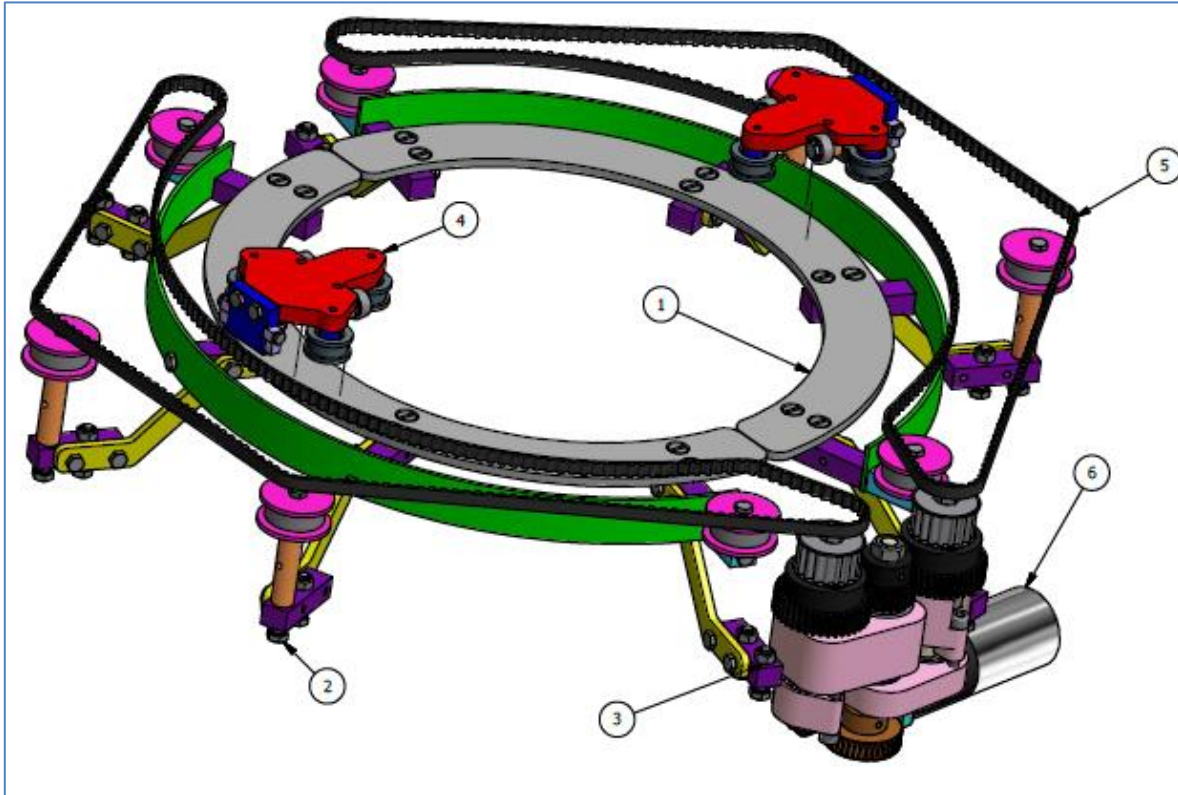


Figura 7-64: Sistema de movimiento circular

Lista de piezas		
Globo	Cantidad	Pieza
1	2	Guía
2	16	ISO 4017 - M5 x 20
3	12	ISO 4032 - M5
4	2	Ensamble carro
5	2	Synchronous Belt
6	1	Mecanismo de movimiento

Tabla 7-20: Sistema de movimiento circular

Se toman las guías y se colocan en posición y se le introduce un carro a cada una. A continuación se sitúa el mecanismo de movimiento para finalizar colocando las dos correas que deben pasar por los rodillos, las poleas y se enganchan a las grapas de los carros.

#### 7.4. Ensamble completo

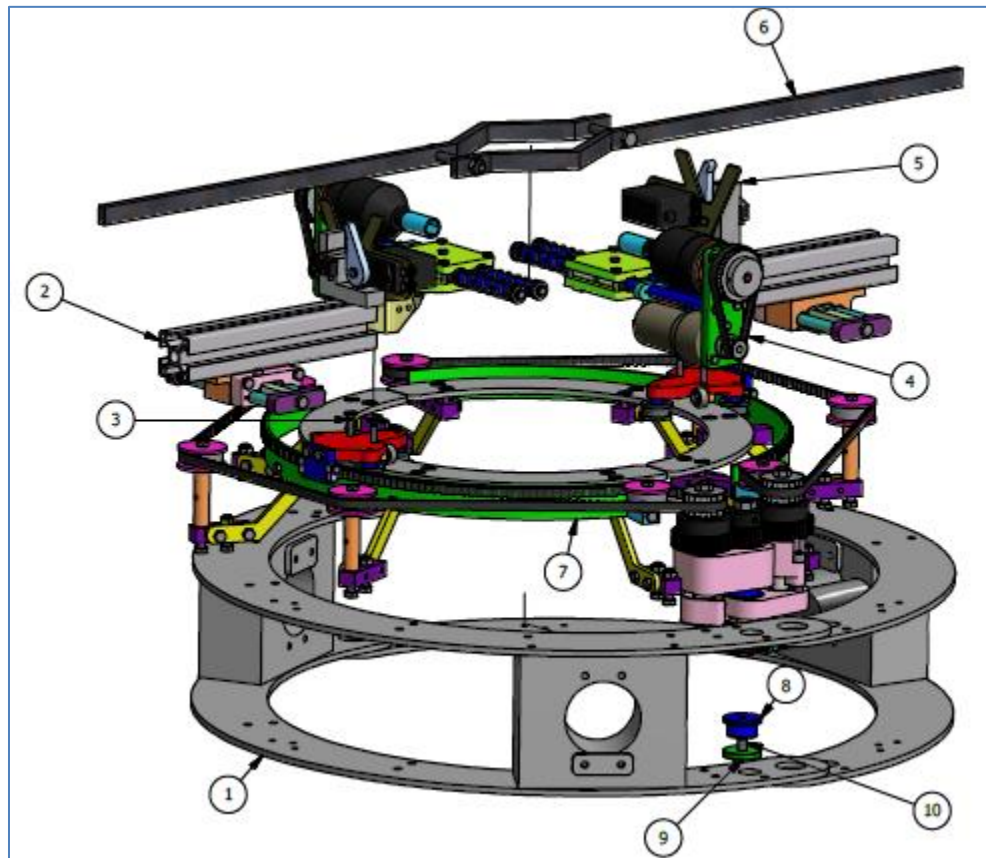


Figura 7-65: Ensamble completo

Lista de piezas		
Globo	Cantidad	Pieza
1	1	Chasis Principal
2	2	Sistema carro Y
3	4	ISO 2009 - M4 x 25
4	2	Sistema de sujeción de tornillos
5	2	Sistema de sujeción de banderola
6	1	Banderola
7	1	Mecanismo de movimiento
8	1	Casquillo bisagra inferior
9	1	Tope bisagra
10	1	ISO 4017 - M6 x 12

Tabla 7-21: Ensamble completo

Utilizando tornillos se sujeta el mecanismo de movimiento al chasis principal y al sistema de carro Y, al cual se le acoplan los sistemas de sujeción de tornillos y los sistemas de sujeción de banderolas.

## 8. **CONCLUSIONES**

- Se ha diseñado un modelo mecatrónico para un accesorio que permite al Koalabot colocar carteles en los postes.
- El accesorio tiene la capacidad de colocar carteles en cualquier poste por el que puede subir el Koalabot.
- Se han analizado diferentes alternativas para llegar a una solución que se cree óptima.
- El sistema utiliza las banderolas más comunes que se utilizan contemporáneamente.
- Se ha conseguido realizar un diseño que utiliza piezas sencillas, robustas y que no precisan de una gran precisión.
- El sistema tiene la capacidad de proteger sus diferentes mecanismos mediante el uso de fines de carrera o embragues.
- El sistema es fácil de transportar y de utilizar.

Como conclusión general se ha diseñado un accesorio para colocar carteles publicitarios para el Koalabot cumpliendo todas las especificaciones solicitadas, tanto mecánicas como electrónicas. Quedando pendiente la fabricación de un prototipo completo para realizar las pruebas pertinentes.



## 9. **RECOMENDACIONES**

### 9.1. **Fabricación del prototipo**

Tas concluir éste trabajo de fin de máster se recomienda fabricar un prototipo, según los planos adjuntos para realizar pruebas de funcionamiento. De este modo se podrá comprobar que el sistema funciona de forma correcta y de no ser así, poder diseñar modificaciones para llegar a una solución óptima.

### 9.2. **Diseño de soporte para Koalabot**

A pesar que el Koalabot está fabricado con materiales ligeros y que no representa una carga muy grande para un operario. Se recomienda diseñar un soporte móvil que permita agilizar la colocación del dispositivo en el poste y trasladarlo de un lugar a otro. Además este soporte podría estar equipado con la fuente de alimentación del Koalabot. Se presenta un diseño sencillo de una solución para el soporte:



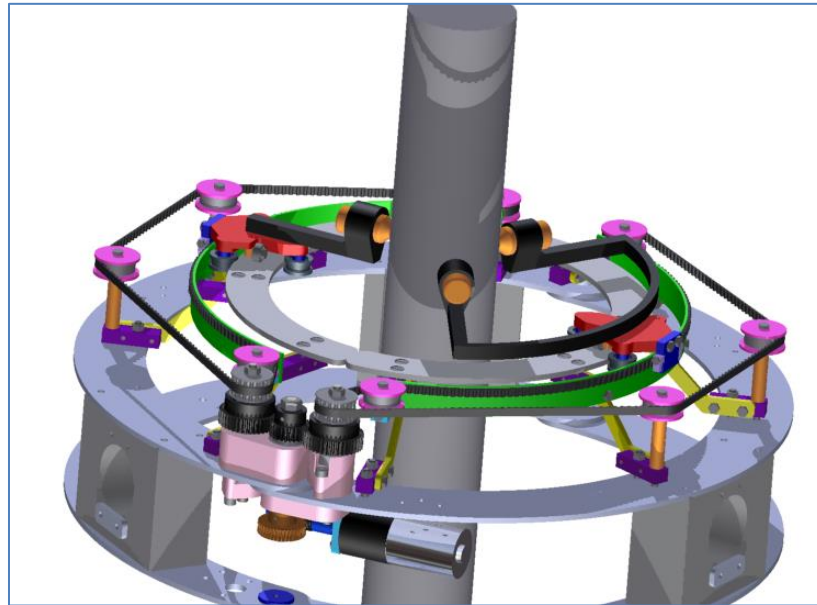
Figura 9-66: Soporte para Koalabot



### ***9.3. Diseño accesorio para pintar postes***

El siguiente accesorio por el que se tiene mucho interés para el Koalabot, es un dispositivo que permita pintar los postes. Para realizarlo, se puede utilizar gran parte del diseño del accesorio para colocar carteles, todo el sistema de movimiento circular puede equiparse con una serie atomizadores, tres distribuidos a  $120^\circ$ , tiene la capacidad de realizar barridos que cubran toda la superficie del poste. Todo el sistema puede automatizarse para que el Koalabot se sitúe por control remoto hasta la parte más alta del poste y realice la tarea de pintar el poste de forma autónoma.

Se presenta un bosquejo del sistema para pintar postes:



**Figura 9-67: Sistema para pintar postes**



## 10. **BIBLIOGRAFÍA**

### - **Obras consultadas**

- [1] A.L. Casillas. *Máquinas cálculos de taller* (40 ed.). Artes Gráficas Enco, SL, Madrid, 2008.
- [2] Richard G. Budynas y J.Keith Nisbett. *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. McGraw-Hill, España, 2008.
- [3] Francisco J. Álvarez González. *Plataforma robótica para ascenso a postes y captación de datos con control remoto inalámbrico*. Universidad de Oviedo. 2010.
- [3] Fernando Pérez Fonseca. *Diseño de prototipo de manipulador para robot Escalador de postes*. Universidad de Oviedo. 2012.

### - **Páginas web y catálogos consultados**

- [1] *RS Online*. Suministros industriales. Sitio Web, <http://es.rs-online.com/web/>
- [2] *CLR. Compañía Levantina de reductores* Sitio Web, <http://www.clr.es>
- [3] *Doga*. Empresa multi-producto (soluciones a medida en motores y motorreductores de C.C. hasta 72 volts.). Sitio Web, <http://www.doga.es>
- [3] *Doga*. Empresa multi-producto (soluciones a medida en motores y motorreductores de C.C. hasta 72 volts.). Sitio Web, <http://www.doga.es>
- [4] *Ye Robot. Your Robot Dream*. APC220 Radio Communication Module. Sitio Web, <http://www.yerobot.com/apc220-radio-communication-module.html>
- [5] *Rodaprinsa S.A.* Sitio Web, <http://www.rodaprinsa.es>
- [6] SGS-THOMSON MICROELECTRONICS. *Push-pull four channel drivers L293B L293E*. 1993.
- [7] SGS-THOMSON MICROELECTRONICS. *Dual full-bridge driver L298*. 2000.
- [8] APPCON TECHNOLOGIES. *Apc series transparent transceiver module Apc220-43*. 2008.

- [9] FAIRCHILD. *Lm78xx/lm78xxa 3-terminal 1a positive voltage regulator*. 2012.
- [10] MICROCHIP. *PIC16F87XA Data Sheet*. 2003.
- [11] MICROCHIP. *PIC16(L)F1938/9 Data Sheet*. 2012.